comportamento individual das pedras. Dentro da mesma ordem de ideias não se deverão conduzir ensaios de solos, quer no campo quer no laboratório, senão sobre amostras com dimensões suficientemente grandes em face das maiores partículas dos solos.

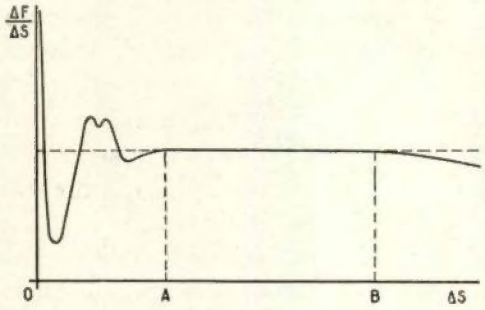


Fig. 11

Para valores de ΔS acima de um certo limite (fig. 11) também deixa de haver proporcionalidade, representando o cociente $\frac{\Delta F}{\Delta S}$ um valor médio do estado de tensão actuante através ΔS.

Encontrando-se as partículas do solo mergulhadas na água à pressão u, as forças ΔF_g transmitidas através das secções das partículas (fig. 10 b) são devidas à conjugação dos efeitos $\Delta F'_g$ das forças de contacto C exercidas entre as partículas, e da pressão hidrostática u a qual se transmite àquelas secções.

Portanto resulta a igualdade vectorial:

$$\Sigma \Delta F_g = \Sigma \Delta F'_g + u \Sigma \Delta S_g$$

designando por ΔS_g a secção de cada partícula.

Designamos por tensão efectiva, e representamo-la por $\bar{t}$, o cociente

$$\bar{t} = \frac{\Sigma \Delta F'_g}{\Delta S}$$

Isto é, a tensão efectiva é a tensão instalada na fase sólida em virtude dos contactos entre partículas. As deformações da fase sólida de um solo, isto é, as deformações do solo, só dependem do estado de tensão efectiva, pois é sempre legítimo admitir que são desprezíveis as deformações das partículas resultantes da pressão hidrostática u a que se encontram submetidas.

De (1) vem pois

$$\frac{\Delta F}{\Delta S} = \frac{\Sigma \Delta F'_g}{\Delta S} + u \frac{\Sigma \Delta S_g}{\Delta S} + \frac{\Sigma \Delta F_l}{\Delta S}$$

como $\Sigma \Delta F_l = u \,.\, \Delta S_l$, designando por ΔS_l a parte de ΔS correspondente à água dos vazios, vem

$$t = \bar{t} + u \qquad (2)$$

isto é, a tensão total é igual à soma vectorial da tensão efectiva e da tensão neutra (fig. 9).

Designando por σ e τ as componentes de t segundo a normal a ΔS e no plano de ΔS, e por $\bar{\sigma}$ e $\bar{\tau}$ as componentes de $\bar{t}$, vem

$$\begin{cases} \sigma = \bar{\sigma} + u \\ \tau = \bar{\tau} \end{cases} \qquad (3)$$

Estas são as relações com interesse prático, as quais estão na base da Mecânica dos Solos. A tensão normal total é igual à soma da tensão normal efectiva e da tensão neutra, isto é, a tensão normal total instalada pode ser parcial ou totalmente suportada pela fase líquida. A tensão tangencial total é igual à tensão tangencial efectiva, isto é, as tensões tangenciais são totalmente absorvidas pela fase sólida.

Para chegarmos às relações (3) supôs-se que o contacto entre grãos se fazia segundo uma superfície de área desprezível em face da das partículas, ou, por outras palavras, supôs-se que a pressão da água dos vazios atinge pràticamente toda a superfície dos grãos. Esta questão da extensão do contacto entre grãos tem muito interesse.

Efectivamente, suponhamos que algumas das áreas de contacto não são nulas (fig. 12). Então nem toda a superfície da partícula se encontra submetida à pressão u da água dos vazios e, como consequência, sobre a superfície ΔS_g passa a actuar uma força diferente de $u \Delta S_g$. Conclui-se pois que a tensão total deixa de ser igual à soma das tensões efectiva e neutra, sendo a desigualdade tanto mais acentuada quanto maior for a superfície de contacto em face da superfície total da partícula.

Para pormos em evidência a importância desta discussão consideremos (fig. 13) um

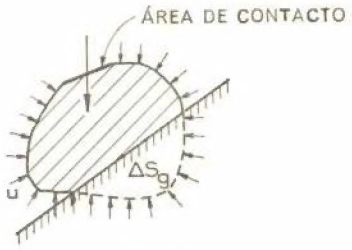


Fig. 12

solo no fundo de um recipiente com água. Admitamos que em cada ponto A a tensão neutra é a pressão correspondente à altura de água a, isto é, $u = a\gamma_w$, designando por γ_w o peso específico da água. Façamos variar a pressão da água dos vazios, por exemplo, aplicando uma pressão p na superfície.

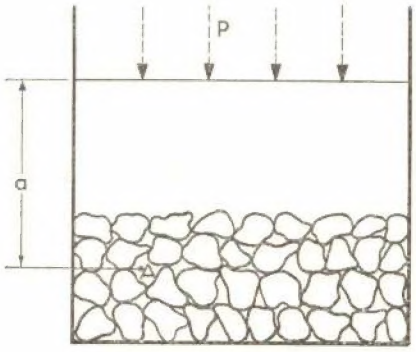


Fig. 13

Então, se o contacto entre partículas for pontual, o aumento de pressão vai actuar em toda a superfície das partículas e, supostas as partículas indeformáveis, a distância entre partículas não tende a variar e, portanto, o que é fundamental, a tensão efectiva não varia. Isto é, o solo não sofre deformação com a variação da tensão neutra.

Pelo contrário, suponhamos que o contacto não é pontual. Então quando varia a pressão da água dos poros a força entre partículas varia, isto é, a tensão efectiva depende da tensão neutra. O solo deformar-se-á mesmo quando variar sòmente a pressão da água dos vazios.

As propriedades mecânicas de um solo, por exemplo a sua resistência ao corte, dependem da tensão efectiva, isto é, das forças entre grãos. Portanto, se a área de contacto entre grãos for considerável as propriedades mecânicas dependerão da pressão da água dos vazios.

Têm sido feitas numerosas investigações para averiguação das condições de contacto entre partículas. Como se poderia depreender do que foi dito, estas experiências consistem em provocar uma variação da tensão neutra e em observar se se dá quer variação de volume do solo, quer variação de propriedades mecânicas.

Tais experiências têm levado à conclusão de que, salvo casos excepcionais, o contacto é pontual.

Esta conclusão não é contudo intuitiva, sobretudo no caso de solos com pequenas partículas como os solos argilosos nos quais se admitiu que a água adsorvida, num estado vizinho do sólido, estabeleceria contactos extensos entre partículas tal como está indicado na fig. 4. Deve ser legítimo dar a seguinte explicação: o aumento da tensão neutra provoca uma compressão hidrostática da própria água adsorvida, compressão que não deformaria esta água e não tendia portanto a fazer variar a distância entre partículas.

O facto da tensão neutra não influenciar a tensão efectiva justifica a possibilidade de existência no fundo dos oceanos de sedimentos de reduzida consistência.

Supozemos no início deste artigo que o solo se encontrava saturado. No caso de também se ter de considerar uma fase gasosa e de esta estar submetida à mesma pressão u da fase líquida subsistem as expressões (3).

Porém, quando coexistem num solo as fases líquida e gasosa, os fenómenos de tensão superficial desenvolvidos na transição destas duas fases podem originar pressões diferentes. Assim no caso de uma bolha gasosa (fig. 1) a pressão no gás é igual à soma das pressões na água que a rodeia com a pressão devida à tensão superficial. No caso da bolha ser muito pequena a sua pressão pode ser muito superior à pressão da água.

4.3 — *Estados de tensão inicial dos maciços*

Temos vindo a considerar o estado de tensão instalado num maciço por virtude da acção de forças de superfície. Mas pergunta-se, não haverá nos problemas de Mecânica dos Solos que ter em geral em consideração o estado inicial de tensão dos maciços devido ao seu peso?

Abordemos em primeiro lugar o caso dos maciços naturais constituídos por solos formados por sedimentação dentro de água que são, como se disse, os solos que mais interessam entre nós.

À medida que se vão depositando os materiais vai-se dando, por acção do peso próprio, o aumento da tensão efectiva vertical $\bar{\sigma}_v$ (fig. 14), isto é, da tensão entre as partículas a qual origina a sua aproximação e portanto a consolidação dos sedimentos.

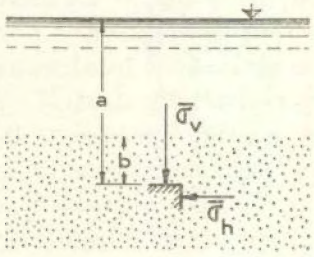


Fig. 14

Se a permeabilidade dos materiais após deposição é grande em face do ritmo com que se dá a formação dos sedimentos, o aumento da tensão efectiva correspondente à deposição de uma camada de espessura b instala-se imediatamente; portanto é sempre

$$\bar{\sigma}_v = b\gamma'$$

designado por γ' o peso específico aparente da fase sólida deduzida a impulsão.

Neste caso a pressão da água dos vazios, que designámos por tensão neutra, tem sempre o valor da pressão correspondente à altura a de água

$$u = a\,\gamma_w$$

Se a permeabilidade é pequena pode originar-se uma tensão neutra superior a $a\,\gamma_w$ e portanto uma tensão efectiva inferior a $b\gamma'$. O maciço diz-se então não consolidado.

Nos estudos empreendidos no Laboratório Nacional de Engenharia Civil ainda não se encontraram maciços nestas condições, o que é certamente devido ao facto, já apontado, dos nossos solos não apresentarem elevada percentagem de elementos finos que são aqueles que conferem uma baixa permeabilidade.

No decorrer do tempo, conforme as condições de deposição dos sedimentos, a água submetida à pressão superior a $a\,\gamma_w$ tende a ser expulsa dos vazios e a tensão efectiva tende a atingir o valor correspondente ao peso dos sedimentos sobrejacentes.

Vejamos agora qual o estado de tensão em facetas verticais. A tensão efectiva $\bar{\sigma}_h$ pode também atingir ou não imediatamente o seu valor final o qual está geralmente compreendido entre 0,4 $\bar{\sigma}_v$ e 0,8 $\bar{\sigma}_v$, conforme a natureza dos materiais e as condições da sua deposição. Está-se ainda longe de possuir um conhecimento satisfatório dos valores de $\bar{\sigma}_h$, cuja medição directa no campo nunca foi feita satisfatòriamente.

Considerámos uma formação mantida sob a água. Mas a maior parte das vezes temos de tratar com formações sedimentares que numa dada altura emergiram da água sofrendo uma secagem que se estende a uma profundidade que depende da natureza das formações e do clima da região.

Essa secagem provoca o aparecimento de forças capilares que podem corresponder à aplicação na zona superficial do maciço de forças importantíssimas, digamos de muitas toneladas por metro quadrado. Daqui resulta o desenvolvimento de tensões efectivas superiores às correspondentes à espessura b e a consequente consolidação do maciço, o qual se diz então sobreconsolidado.

Também deparamos constantemente com maciços sobreconsolidados em virtude de terem estado em épocas anteriores sob a acção de formações que foram erodidas. Tal é o caso das formações da região de Lisboa classificadas como argilas miocéni-

cas, de cor cinzenta e com uma elevada resistência à compressão (artigo 1.1) a qual revela uma importante sobreconsolidação.

Pode dizer-se que em geral há necessidade de ter em conta o estado de tensão inicial dos maciços. Só em obras fundadas a pequena profundidade e que pela sua reduzida área interessem pequenas espessuras de solo se pode por vezes desprezar o estado de tensão inicial.

A situação mais geral não é a que temos vindo a encarar mas sim a de se efectuar uma escavação do maciço natural antes de lhe aplicarmos quaisquer solicitações.

Tal escavação dá origem a uma nova distribuição de tensões iniciais. Assim, no caso representado da fig. 15, em virtude da escavação *ABCD* o maciço deforma-se e tomará uma configuração como a representada esquemàticamente a traço interrompido. O efeito da escavação é o correspondente à aplicação em *ABCD* de tracções com a grandeza e direcção das compressões totais σ_v e σ_h que anteriormente actuavam nessa superfície. O estado de tensão inicial é pois o resultante da sobreposição do que existia antes da escavação com o proveniente da acção destas forças.

Quanto aos maciços artificiais, como os aterros e barragens de terra, eles são construídos por via de regra com solos não saturados pois tal corresponde às melhores condições de compactação, como será referido em pormenor no decorrer deste curso.

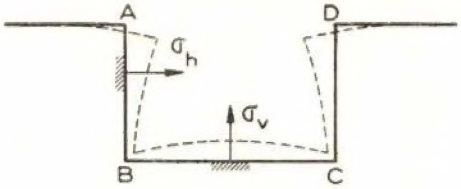


Fig. 15

Por isso a tensão neutra é geralmente nula, isto é, o efeito do peso próprio é totalmente suportado pela fase sólida, dependendo, como é óbvio, a distribuição de tensões da forma do maciço.

No caso de maciços de grande espessura, como as barragens de terra, pode contudo acontecer que a consolidação traga uma diminuição do volume de vazios tal que a água, geralmente com ar aprisionado, acabe por ficar submetida a uma pressão considerável. Na fig. 16 estão traçadas curvas de igual tensão neutra observadas na barragem de Granby, com cerca de 100 metros de altura, após conclusão mas antes da subida da água na albufeira. A instalação

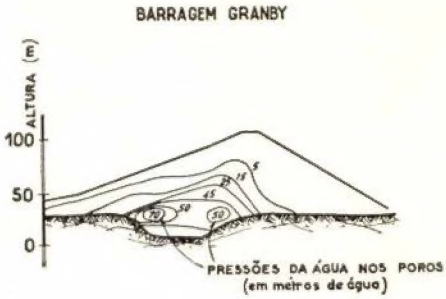


Fig. 16

de tensões neutras tem o inconveniente de diminuir as tensões efectivas e portanto dificultar a consolidação a qual concorre para melhorar a resistência do solo. Tal inconveniente foi a origem dos grandes incidentes verificados em barragens de terra construídas pelo método hidráulico no qual o material é depositado e mantido no estado saturado.

Em resumo, quer se trate de maciços naturais quer artificiais, há em geral necessidade de ter em conta o estado de tensão inicial, o qual se vai instalando à medida que o maciço se constitui.

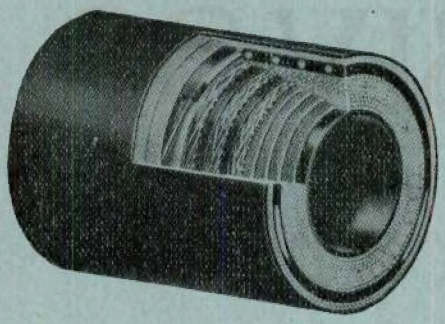
4.4 — *Relação entre tensões e deformações*

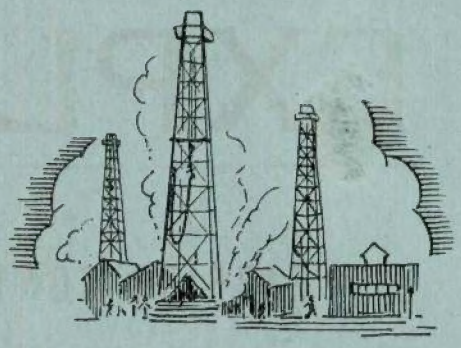
Antes de apresentarmos, no artigo seguinte, os caminhos típicos seguidos pela Mecânica dos Solos no estudo do comportamento dos maciços, é necessário abordar o problema das relações entre os estados de tensão e de deformação dos solos. De facto, tal como na Resistência de Materiais, o que se pretende na Mecânica dos Solos é passar do conhecimento do comportamento de um elemento de volume para o conhecimento do comportamento de um maciço.

Ao contrário do que acontece correntemente com os outros materiais, o estudo

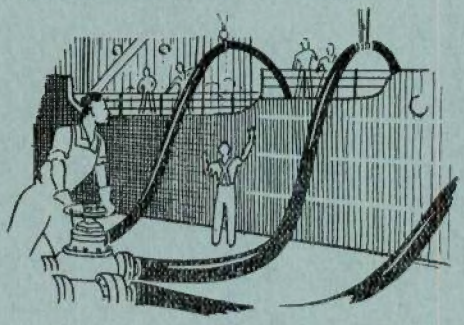
Nas Indústrias do Petróleo

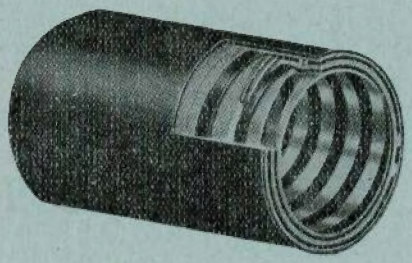
Desde a extracção



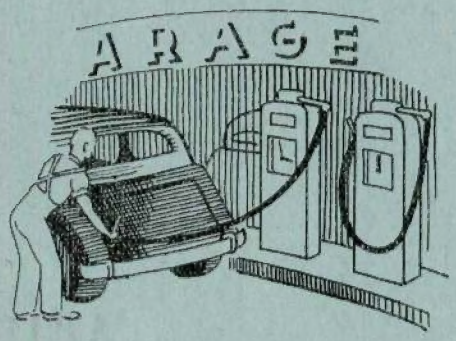


passando pelo transporte





até à distribuição



O nome

GOODYEAR

é conhecido em todo e mundo

Distribuidores exclusivos: **CANELAS & FIGUEIREDO, L.DA**

R. dos Fanqueiros, 46 — LISBOA

Telef. 2 5058 / 2 4502 / 2 1729

Teleg. CANELASCO

EXPLOSIVOS

FABRICO CONTÍNUO DE 300 Kg/h DE

NITROGLICERINA

ACESSÓRIOS PARA

TODOS OS PROCESSOS

DE DETONAÇÃO

ACIDO AZÓTICO

Sociedade Portuguesa de Explosivos, L.da

RUA DOS FANQUEIROS, 44-1.º

LISBOA

experimental das relações entre tensões e deformações dos solos tem de ser conduzido sobre peças submetidas a um estado de tensão tridimensional.

De facto, enquanto que nas estruturas temos em geral, pelo menos essencialmente, a considerar equilíbrios unidimensionais, como os de peças em tracção, compressão e flexão, ou quando muito bidimensionais, como nos estudos de placas, na Mecânica dos Solos os maciços encontram-se em geral em equilíbrio a 3 dimensões, isto é, equilíbrios nos quais se tem em cada ponto de ter em conta o estado triplo de tensão. E, deve notar-se, que tal não admite simplificação, pois, nas condições correntes, os solos resistem à custa do seu equilíbrio tridimensional. Assim, no caso de uma sapata, o prisma de solo sob o qual ela se apoia não apresenta em geral resistência à compressão suficiente para o suportar, desempenhando a cintagem proporcionada pelo solo envolvente uma função essencial.

Para os ensaios de solos tinha muito interesse dispor de montagens que permitissem aplicar a um provete um estado triplo de tensões quaisquer σ_I, σ_{II}, σ_{III}. Apesar de parecer simples não foi ainda possível realizar satisfatòriamente tais montagens, dispondo-se sòmente de aparelhos que permitem aplicar um estado triplo de tensão com duas das tensões iguais.

Estes aparelhos, designados triaxiais, são essencialmente constituídos (fig. 17) por uma

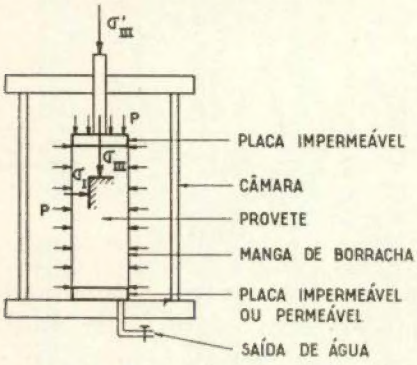


Fig. 17

câmara cilíndrica no interior da qual se coloca o provete geralmente envolvido por uma manga de borracha muito delgada. A base superior da câmara é atravessada por um êmbolo destinado a aplicar, por intermédio de uma placa rígida e impermeável, uma compressão ao provete. A câmara cilíndrica é cheia com um líquido que se pode submeter a uma pressão.

Criando uma pressão p na câmara o provete fica submetido a uma compressão hidrostática, isto é, os valores iniciais das tensões totais são $\sigma_I = \sigma_{II} = \sigma_{III} = p$. À custa do êmbolo pode aplicar-se uma tensão vertical complementar σ'_{III}, ficando deste modo as secções horizontais do provete submetidas à tensão total $\sigma_{III} = p + \sigma'_{III}$. Há assim possibilidade de impor ao provete um estado triplo de tensão com duas das tensões iguais:

$$\sigma_I = p, \ \sigma_{II} = \sigma_I = p \ , \ \sigma_{III} = p + \sigma'_{III}$$

As tensões neutras desenvolvidas no provete durante o ensaio podem ser medidas por meio de dispositivos simples.

Um dado estado final de tensão pode ser imposto a um provete de maneiras diversas quer quanto à ordem de aplicação das tensões quer quanto à maneira como estas tensões evoluem no tempo até atingir os seus valores finais.

A maior parte das vezes os ensaios são conduzidos impondo primeiramente a pressão hidrostática p e depois a tensão longitudinal σ'_{III}. Quanto à maneira como se aplicam estas tensões, seguem-se 3 caminhos típicos conforme a natureza do problema a resolver.

Nos ensaios designados lentos ambas as tensões são aplicadas lentamente e o provete é apoiado sobre uma placa porosa (fig. 17) de modo que a tensão neutra instalada seja constantemente desprezível. À medida que crescem as tensões, a fase fluida é expulsa através da placa porosa sendo conduzida para o exterior por um tubo, conforme se vê na figura. Por isso estes ensaios são também designados com drenagem.

Nos ensaios chamados rápidos ou não drenados as tensões são aplicadas ràpidamente de modo a impossibilitar a saída da água do provete, sendo então conveniente apoiar o provete numa placa impermeável.

Finalmente, nos ensaios designados consolidados-rápidos a pressão hidrostática é aplicada lentamente, como no primeiro caso, e a tensão longitudinal ràpidamente, tal como no segundo caso.

a) *Ensaios lentos* — Estes ensaios fornecem os resultados a ter em conta no estudo de problemas nos quais interessa sòmente averiguar o estado final de um maciço após se ter dado o escoamento da água dos vazios, isto é, depois de se terem dissipado as tensões neutras instaladas pelas solicitações cujo efeito se pretende averiguar.

Nos ensaios lentos os fenómenos apresentam-se com os mesmos aspectos quer se trate ou não de solos saturados. No caso de solos não saturados há necessidade de ter em consideração o seu grau de humidade pois com ele variarão as propriedades mecânicas.

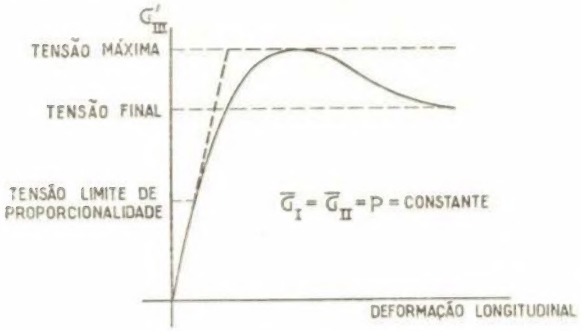


Fig. 18

Apliquemos então lentamente uma pressão hidrostática p e depois, ainda lentamente, a tensão longitudinal complementar σ'_{III}. Visto que a tensão neutra é nula, o estado de tensão efectiva do provete coincide com o estado de tensão total aplicado, isto é,

$$\bar{\sigma}_I = \sigma_I = p\ ,\ \bar{\sigma}_{II} = \sigma_{II} = p\ ,\ \bar{\sigma}_{III} = \sigma_{III} = p + \sigma'_{II}$$

Os ensaios lentos fornecem-nos pois directamente as relações entre tensões efectivas e deformações.

Quando se aplica a tensão vertical complementar $\sigma'_{III} = \sigma_{III} - p$ o provete vai sofrendo uma deformação longitudinal. O tipo de diagrama geralmente obtido neste ensaio de compressão está representado na fig. 18.

Dum modo geral a curvatura do diagrama vai-se acentuando à medida que cresce o valor de σ'_{III}, podendo considerar-se a existência de um troço inicial rectilíneo, isto é, de um troço no qual existe proporcionalidade entre tensões e deformações. Tal como para os outros materiais de construção, a tensão correspondente ao limite deste troço é designada tensão limite de proporcionalidade. O seu valor dependerá, além da natureza do solo, do valor da curvatura do diagrama que se suponha desprezível.

Por via de regra atinge-se um valor máximo da tensão após o qual há uma quebra de resistência vindo a rotura franca a dar-se para um valor mais baixo da tensão.

É importante notar que, enquanto para a maior parte dos materiais de construção a existência de proporcionalidade entre tensões e deformações é sinal das deformações serem elásticas, tal não acontece nos solos. Assim, se retirarmos a tensão vertical σ'_{III} num ponto do troço rectilínio ou de pequena curvatura obtém-se um diagrama quase paralelo ao eixo das ordenadas (fig. 19).

Se aplicarmos e retirarmos sucessivamente a tensão obtém-se um diagrama do tipo indicado na fig. 19. Dum modo geral, o ponto limite de proporcionalidade $L\,P$ vai subindo, a inclinação dos troços cor-

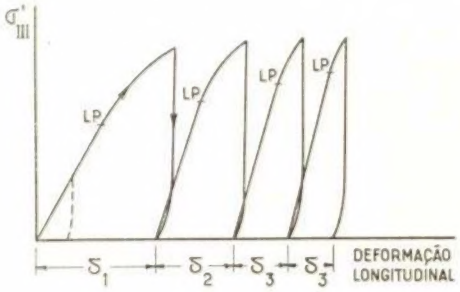


Fig. 19

respondentes à carga vai aumentando, e as deformações permanentes δ vão diminuindo nos sucessivos ciclos. Pode mesmo chegar-se a ciclos fechados isto é, ao desaparecimento de deformações permanentes.

Quando se realiza, como é muito corrente, um ensaio de carga sobre a superfície de um maciço, o diagrama dos assentamentos

em função da carga em sucessivos ciclos de carga apresenta precisamente o aspecto do da figura.

A consideração da aplicação de sucessivos ciclos de tensões de valor bastante inferior ao que determina a rotura de solo interessa particularmente no problema do dimensionamento dos pavimentos de estradas e aeródromos.

Consideremos agora a rotura.

O ponto de tensão máxima (fig. 18) corresponde por via de regra a deformações muito importantes considerando-se por isso em geral esse ponto como o início da rotura.

Essa tensão máxima representa a capacidade de resistência do solo. Por esta razão, ao estudar-se a rotura de um maciço considera-se por via de regra o estado de tensões máximas que o solo pode suportar e não o estado correspondente à rotura franca.

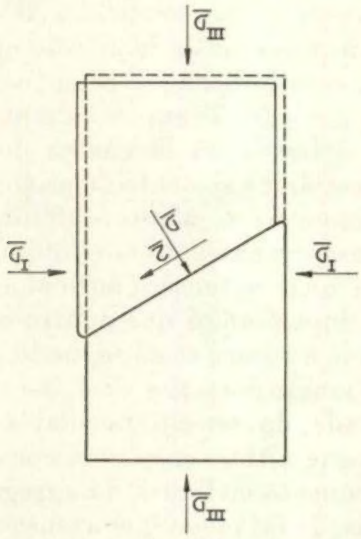


Fig. 20

Os ensaios triaxiais e a observação da rotura dos maciços mostram que a rotura dos solos se dá por escorregamento ao longo de certas superfícies. Assim, num ensaio triaxial o provete apresenta-se após a rotura como mostra a fig. 20.

Designemos por $\bar{\sigma}$ e $\bar{\tau}$ os valores das tensões normal e tangencial de rotura efectivas na secção por onde se deu a rotura. O problema das relações existentes entre $\bar{\sigma}$ e $\bar{\tau}$ tem sido um dos que mais têm preocupado os estudiosos da Mecânica dos Solos mas ainda hoje não se atingiu um nível de conhecimento satisfatório.

Para o seu esclarecimento não só têm concorrido os resultados dos ensaios triaxiais mas também os de ensaios conduzidos em aparelhos de corte, os quais impõem, como é sabido, o corte de um provete segundo um dado plano. Também tem sido importante a contribuição prestada pelos ensaios de campo, os quais têm revelado que muitas vezes as amostras colhidas para os ensaios no laboratório sofrem profundas perturbações nas suas propriedades mecânicas.

Para os solos incoerentes submetidos a ensaio lento a rotura dá-se ao longo de uma secção quando a tensão tangencial atinge o valor

$$\bar{\tau} = \bar{\sigma}\, tg\, \phi$$

sendo $\bar{\sigma}$ a tensão normal efectiva na secção e ϕ uma constante que depende do solo e da sua densidade, designada ângulo de atrito interno (fig. 21).

Vejamos o que se passa quanto aos solos coerentes.

Suponhamos que o solo submetido a ensaio tem uma consistência muito reduzida, por exemplo que se encontra próximo do chamado limite de liquidez. Então a experiência mostra que ainda se dá a rotura numa secção quando a tensão tangencial atinge o valor $\bar{\sigma}\, tg\, \phi$, isto é, o solo apresenta a mesma lei de rotura dos solos incoerentes.

Suponhamos agora que se trata de um solo coerente que tenha sido submetido a uma consolidação e depois liberto das forças que a produziram, tal como acontece nos solos sobreconsolidados a que nos referimos no artigo anterior.

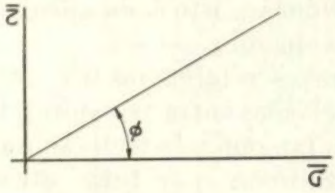


Fig. 21

Então a experiência mostra que a relação entre $\bar{\tau}$ e $\bar{\sigma}$ é do tipo indicado na fig. 22.

O diagrama apresenta-se constituído por dois troços aproximadamente rectilíneos cuja concordância se faz numa região de abcissa vizinha da tensão de consolidação $\bar{\sigma}_c$, isto é, da tensão principal máxima do estado de tensão que produziu a consolidação. O troço de maior inclinação passa

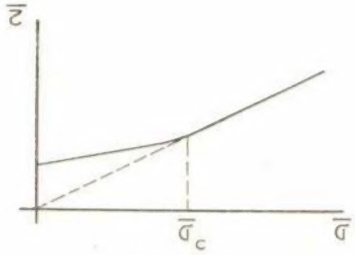


Fig. 22

aproximadamente pela origem definindo uma recta que seria o diagrama obtido se o solo não tivesse sido prèviamente submetido à consolidação sob $\bar{\sigma}_c$.

Se as tensões normais efectivas desenvolvidas num maciço em estudo não atingirem $\bar{\sigma}_c$, a relação entre $\bar{\tau}$ e $\bar{\sigma}$ que interessa considerar é do tipo

$$\bar{\tau} = c + \bar{\sigma}\, tg\, \phi$$

onde ϕ continua a ser designado ângulo de atrito interno, e c é designado por coesão, a qual para um dado solo depende essencialmente do estado de tensão prévio de consolidação. Também em certos solos pode c ser influenciado pela propriedade designada tixotropia, a qual dá origem a uma agregação das partículas independente da consolidação, isto é, da aproximação das partículas do solo.

Nas breves referências que acabamos de fazer às relações entre os valores das tensões normal e tangencial efectivas numa faceta que determinam a rotura através dessa faceta só procuramos pôr em evidência os traços mais típicos, pois os fenómenos são muito complexos.

No que segue vamos sempre admitir a relação $\bar{\tau} = c + \bar{\sigma}\, tg\, \phi$ a qual contém como caso particular a relação $\bar{\tau} = \bar{\sigma}\, tg\, \phi$.

A expressão $\bar{\tau} = c + \bar{\sigma}\, tg\, \phi$ mostra que, no caso geral, a resistência ao corte de um solo resulta da associação de duas parcelas: uma que é independente da tensão normal efectiva e outra que é proporcional a esta tensão.

Uma observação importante a fazer, a qual aliás está implícita no que já se disse, é a seguinte: na solução dos problemas da Mecânica dos Solos admite-se que o valor de $\bar{\tau}$ é independente da maneira como se atinge a tensão $\bar{\sigma}$, isto é, do valor das tensões principais instaladas e da sua evolução no tempo. Deve frizar-se a introdução desta hipótese, pois concebe-se que a resistência ao corte ao longo de uma faceta não dependa sòmente da tensão normal $\bar{\sigma}$ actuante nessa faceta mas também da tensão normal actuante numa faceta perpendicular à anterior.

Não queremos deixar de referir que nem todos os autores estão de acordo em considerar as constantes c e ϕ como características de um solo. Trata-se de uma questão bastante delicada da Mecânica dos Solos, a qual desejamos sòmente aflorar.

Suponhamos que a rotura de um solo se dá por escorregamento ao longo de um plano no qual a tensão normal $\bar{\sigma}$ é nula; é $\bar{\tau} = c$. Suponhamos que noutro ensaio do mesmo solo a rotura se dá segundo um plano no qual a tensão normal é $\bar{\sigma}$; é $\bar{\tau} = c + \bar{\sigma}\, tg\, \phi$. Em virtude da tensão normal $\bar{\sigma}$, o solo sofrerá neste último caso uma consolidação e a consequente melhoria da agregação das partículas, de tal modo que a tensão tangencial $\bar{\tau}$ que determinou a rotura teve de vencer uma maior coesão. Isto é, se a uma amostra consolidada sob a acção de uma tensão $\bar{\sigma}$ se retirar esta tensão (o que não trazia, como já se viu (fig. 19), um aumento apreciável da distância entre as partículas) e se levar à rotura segundo o plano no qual actuou $\bar{\sigma}$, a tensão tangencial que determina esta rotura será maior do que c.

Esta crítica leva certos autores a não considerar as constantes c e ϕ como características do solo, pois consideram que a consolidação converte por assim dizer o material dado num outro. Então preferem definir uma coesão e um ângulo de atrito interno quando um material é ensaiado em condições tais que o peso específico seja sempre o

mesmo no momento da rotura. Admite-se ainda que subsiste uma relação linear entre a tensão tangencial e a normal efectiva que em tais condições determinam a rotura ao longo de uma faceta

$$\bar{\tau} = c_v + \bar{\sigma}\, tg\, \phi_v$$

designando-se as constantes c_v e ϕ_v por coesão e atrito interno verdadeiros, os quais para um dado solo variarão com o peso específico no momento da rotura. Deve notar-se que mesmo esta posição não é inatacável pois em rigor deve acontecer que a tensão que determina a rotura não depende sòmente do peso específico da amostra mas ainda da maneira como foi atingido um dado valor do peso específico, isto é, ou por uma consolidação só numa direcção ou em 2 direcções, etc.

meiro lugar sobre o eixo das abcissas os valores das tensões principais $\bar{\sigma}_I$ e $\bar{\sigma}_{III}$ e depois traça-se o círculo com centro neste eixo e que passa pelos pontos $\bar{\sigma}_I$ e $\bar{\sigma}_{III}$. Os valores da tensão normal, $\bar{\sigma}$, e tangencial $\bar{\tau}$, actuantes sobre uma secção da amostra definida por um ângulo α (fig. 23) são dados pelas coordenadas do ponto A do círculo definido pelo ângulo 2α. As coordenadas dos pontos do círculo dão-nos pois o estado de tensão em qualquer secção da amostra.

Desde que se admita que a rotura através de uma secção se dá desde que nessa secção seja atingido o estado de tensão $(\bar{\sigma}, \bar{\tau})$ que satisfaz à relação $\bar{\tau} = c + \bar{\sigma}\, tg\, \phi$, conclui-se que se traçarmos a recta correspondente a esta equação ela tem de ser tangente ao círculo. De facto, se a recta não cortasse o círculo não haveria nenhuma

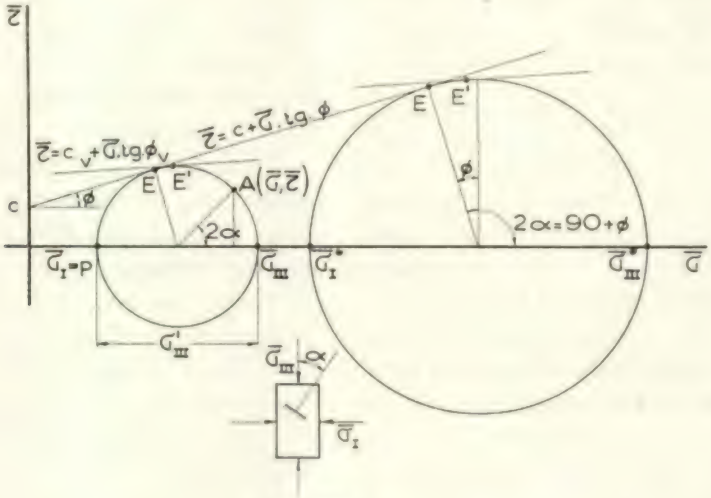


Fig. 23

A questão que acabamos de abordar interessa sobremodo à sistematização da Mecânica dos Solos. Dada a dificuldade experimental de determinação das constantes c_v e ϕ_v pode dizer-se que elas nunca são usadas na prática.

Consideremos o estado de tensão efectiva $\bar{\sigma}_I = \bar{\sigma}_{II} = p$, $\bar{\sigma}_{III} = p + \sigma''_{III}$ que determina a rotura de um provete submetido a um ensaio triaxial lento.

Tracemos o círculo de Mohr correspondente a este estado de tensão (fig. 23). Para isso, como é sabido, marca-se em pri-

secção de amostra na qual se podia ter atingido a rotura, e se a recta cortasse o círculo concluia-se que para valores da tensão longitudinal inferiores a $\bar{\sigma}_{III}$ já se teria dado a rotura.

Portanto se considerarmos outra amostra do mesmo solo e a submetermos a uma pressão $\bar{\sigma}_I{}^*$ e depois a levarmos à rotura pela aplicação de uma tensão $\bar{\sigma}_{III}{}^*$, o círculo de Mohr correspondente a este estado de tensão ainda tem de ser tangente à mesma recta.

Em resumo, a recta $c + \bar{\sigma}\, tg\, \phi$ é necessà-

riamente a envolvente da família de círculos correspondentes aos possíveis estados de tensão que determinam a rotura. A rotura das amostras dá-se portanto segundo as secções correspondentes aos pontos de tangência E, isto é, secções para as quais $2\alpha = 90 + \phi$ ou $\alpha = 45 + \frac{\phi}{2}$.

A rotura dá-se pois sempre segundo secções com a mesma inclinação.

Sejam c_v e ϕ_v a coesão e o ângulo de atrito interno verdadeiros correspondentes à densidade quando se dá a rotura sob o estado de tensão $\bar{\sigma}_I$, $\bar{\sigma}_{III}$. Conclui-se, como anteriormente, que a recta $\bar{\tau} = c_v + \bar{\sigma}\, tg\, \phi_v$ tem de ser tangente a este círculo (fig. 23). A cada condição de rotura alcançada no ensaio lento teremos uma recta correspondente a outros valores de c_v e ϕ_v visto que há variação de densidade.

Quando se consideram a coesão e atrito interno verdadeiros, conclui-se que as roturas se dão segundo planos inclinados a $45 + \frac{\phi_v}{2}$. Isto é, a rotura dar-se-á não segundo o plano correspondente aos pontos E mas sim segundo os correspondentes aos pontos E'. Deste modo pode procurar-se tirar conclusões acerca da teoria de rotura que convém adoptar observando as inclinações dos planos de rotura. No entanto luta-se com a dificuldade destes planos não se apresentarem a maior parte das vezes bem definidos.

Há uma observação muito importante a fazer. Para os valores correntes de ϕ e ϕ_v os pontos E e E' encontram-se em geral a pequena distância de tal modo que se a rotura se der efectivamente segundo orientações dependentes de ϕ_v, a relação entre as tensões $\bar{\tau}$ e $\bar{\sigma}$ nos planos de rotura, isto é, o lugar geométrico dos pontos E' não se afasta apreciàvelmente da recta $c + \bar{\sigma}\, tg\, \phi$.

b) *Ensaios rápidos ou sem drenagem* — Estes ensaios fornecem resultados a ter em conta no estudo de problemas nos quais as forças aplicadas a um maciço atingem os valores finais ràpidamente no sentido de não haver tempo para se dar a circulação da água que preenche os vazios. Deve notar-se que um maciço cujas propriedades variem com a profundidade em virtude da consolidação provocada pelo peso próprio, deve ser considerado como um maciço heterogéneo, isto é, não basta conduzir ensaios rápidos sobre uma amostra colhida num certo ponto para caracterizar o maciço.

A hipótese da aplicação rápida das forças simplifica muito o tratamento dos problemas, pois tem como consequência que a deformação de qualquer volume do maciço se dá a volume constante no caso de solos saturados.

Nos ensaios rápidos começa-se por aplicar à amostra, que vamos supor saturada, a pressão hidrostática p sem permitir o escoamento da água dos vazios. Como supomos a compressibilidade da fase sólida muito maior do que a da água, esta pressão é inteiramente equilibrada pela água dos vazios que ficará submetida a uma tensão neutra $u = p$, não se observando qualquer deformação apreciável da amostra. Nesta primeira fase do ensaio as tensões efectivas instaladas são pois nulas.

Apliquemos a tensão longitudinal σ'_{III} ràpidamente de modo a não se dar drenagem. Note-se que apesar da drenagem estar impossibilitada de se dar pelas bases da amostra, poderia ter lugar radialmente ficando a água acumulada entre a amostra e a manga de borracha que a envolve.

Se traçarmos um diagrama relacionando os valores da tensão total σ'_{III} aplicada com os valores obtidos para as deformações longitudinais obteremos ainda em geral um diagrama do tipo indicado na fig. 18. Será ainda legítimo admitir que para valores baixos das tensões as deformações são proporcionais às tensões.

Se aplicarmos sucessivos ciclos de carga e descarga ainda se obtém um diagrama do tipo indicado na fig. 19.

Procuremos analisar o que se passa quando, após a aplicação da pressão hidrostática, se aplica a tensão longitudinal.

Suponhamos que a fase sólida apresenta um coeficiente de Poisson baixo, isto é, que é pequena a deformação transversal que sofre em virtude de uma dada deformação longitudinal. Então, ao aplicar-se ràpida-

mente a tensão vertical, a fase sólida tende a deformar-se com diminuição de volume, donde resulta necessàriamente um aumento da tensão neutra, a qual passará do valor inicial $u = p$ para um valor u_1. Na fig. 24 está representada a distribuição das tensões neutras ao longo de uma secção transversal do provete.

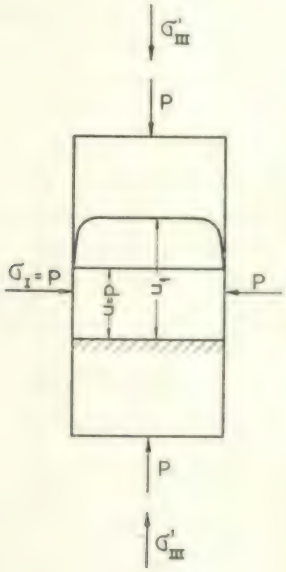


Fig. 24

Na periferia da amostra a tensão neutra passará do valor u_1 para o valor $u = p$ pois continua a ser p a pressão hidrostática aplicada ao provete. Portanto a água tende a sair da amostra, não sendo possível tal saída senão na camada superficial da amostra desde que o ensaio seja suficientemente rápido.

A camada superficial da amostra fica submetida a uma força de percolação de grandeza $u_1 - p$ por unidade de superfície da amostra, conforme se verá no artigo seguinte. Gera-se assim na fase sólida do provete um estado de tensão efectiva de tracção sobre as facetas verticais, de grandeza $\bar{\sigma}_I = (u_1 - p)$ pois o estado total de tensão sobre estas facetas continua a ser $\sigma_I = p$.

Sendo u_1 a tensão neutra depois da aplicação da tensão vertical conclui-se que a tensão efectiva vertical é $\bar{\sigma}_{III} = p + \sigma'_{III} - u_1$. Portanto, as tensões efectivas desenvolvidas são

$$\bar{\sigma}_I = \bar{\sigma}_{II} = -(u_1 - p)$$
$$\bar{\sigma}_{III} = p + \sigma'_{III} - u_1 = \sigma'_{III} + \bar{\sigma}_I$$

Consideremos o caso da fase sólida ter um coeficiente de Poisson nulo, o que deve acontecer, supomos, para as pequenas deformações de solos pouco compactos. Como a variação de volume da fase sólida do provete tem de ser nula, pois se está considerando um ensaio sem drenagem, conclui-se que tem de ser

$$\bar{\sigma}_I = \bar{\sigma}_{II} = -\frac{1}{2}\bar{\sigma}_{III}$$

isto é, têm de se desenvolver sobre as facetas verticais tensões efectivas de tracção de grandeza igual a metade da compressão efectiva actuante nas facetas horizontais. Tendo em conta esta relação no valor da tensão efectiva vertical, vem

$$\bar{\sigma}_{III} = \sigma'_{III} + \bar{\sigma}_I = -2\bar{\sigma}_I$$

donde

$$\bar{\sigma}_I = \bar{\sigma}_{II} = -\frac{1}{3}\sigma'_{III}$$

$$\bar{\sigma}_{III} = \frac{2}{3}\sigma'_{III}$$

Suponhamos agora que a fase sólida tende a deformar-se a volume constante o que corresponde a um coeficiente de Poisson de 0,5, isto é, a uma dada extensão longitudinal corresponde uma extensão transversal de sinal contrário e de grandeza igual a metade da anterior. Tal deve acontecer para as grandes deformações.

Desde que a deformação tende a dar-se a volume constante, ao aplicar-se a tensão vertical σ'_{III} não tende a variar o valor inicial p da tensão neutra, isto é, a tensão aplicada é sòmente suportada pela fase sólida. Portanto $u_1 = p$ e as tensões efectivas tomam os valores

$$\bar{\sigma}_I = \bar{\sigma}_{II} = 0$$
$$\bar{\sigma}_{III} = \sigma'_{III}$$

As considerações que acabamos de fazer mostram claramente como no caso do ensaio sem drenagem o estado de tensão efectiva instalado varia com as características da deformação da fase sólida. A comparação

dos valores correspondentes às hipóteses do coeficiente de Poisson tomar os valores de 0 e 0,5 mostra que tal variação se pode dar entre largos limites.

Acontece que para grandes deformações muitos solos apresentam mesmo um aumento de volume, o qual é muito acentuado por exemplo nas areias e siltes densos. Compreende-se que se dê tal aumento de volume num solo denso pois o escorregamento dos grãos só é possível à custa da sua separação. Dentro do esquema atrás seguido teremos mesmo de considerar um coeficiente de Poisson superior a 0,5.

A tendência para um aumento de volume leva a criar-se uma tensão neutra de tracção que é equilibrada por um aumento de tensão efectiva. Deste modo as tensões efectivas podem mesmo ter valores superiores aos indicados.

Tal como no caso dos ensaios lentos, consideremos a família de círculos de Mohr correspondentes às tensões totais instaladas em ensaios de rotura sem drenagem conduzidos sobre diversas amostras de um mesmo solo. À pressão inicial p corresponderá um círculo que se reduz a um ponto $\sigma_I = p$, (fig. 25) e na rotura teremos o círculo definido por $\sigma_I = p$ e $\sigma_{III} = p + \sigma'_{III}$.

a tensão vertical complementar σ'^*_{III} há de ser igual a σ'_{III}, isto é, os círculos correspondentes aos vários ensaios têm o mesmo diâmetro. Admitem pois uma envolvente que é uma recta paralela ao eixo das abcissas, cuja ordenada c_a designamos por coesão aparente.

Poderia julgar-se, e tal encontra-se em muitos autores, que a rotura nestes ensaios rápidos se dava nas secções correspondentes aos pontos de tangência, isto é, em secções a 45° com o eixo da amostra. Mas o raciocínio que se fez, quando se tratou dos ensaios lentos, àcerca da rotura se dar pelo ponto de tangência não pode subsistir, pois a rotura da fase sólida é determinada pelo estado de tensão efectiva e não pelo estado de tensão total que é o representado pelos círculos.

Supondo que o ângulo de atrito interno verdadeiro é ϕ_v as roturas dão-se, como se viu, segundo secções inclinadas a $45 + \frac{\phi_v}{2}$. A rotura dá-se pois em facetas nas quais a tensão tangencial não é c_a mas o valor da ordenada do ponto E' (fig. 25). Na prática toma-se contudo o valor c_a.

Deve frizar-se que admitida a hipótese da grande deformabilidade da fase sólida

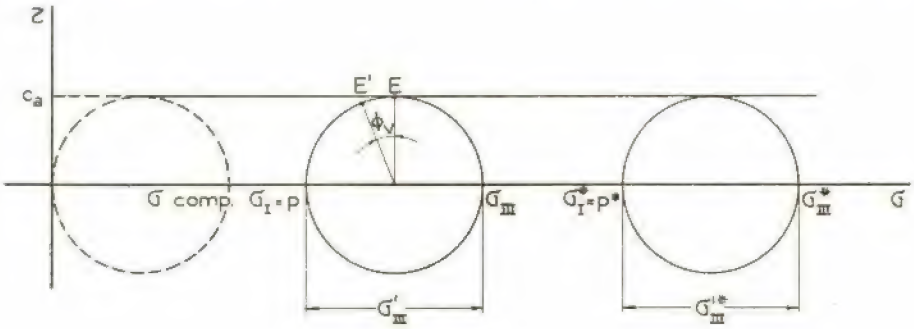


Fig. 25

Apliquemos a outra amostra outra pressão inicial $\sigma_I{}^* = p^*$. Como esta é absorvida pela tensão neutra e se supõe que a tensão neutra não tem qualquer influência sobre as propriedades mecânicas, conclui-se que o estado da amostra quando se vai aplicar a tensão vertical complementar σ'^*_{III} é independente da pressão hidrostática aplicada. Sendo assim é evidente que

em relação à da água e ainda a hipótese da tensão neutra não ter repercussão nos contactos entre partículas, qualquer solo apresentará para os ensaios rápidos uma envolvente paralela ao eixo das abcissas.

Entre os ensaios rápidos tem particular interesse o ensaio conduzido sob pressão nula, $p = 0$. Este ensaio reduz-se a um ensaio de compressão que pode ser condu-

zido fàcilmente mesmo num estaleiro. O círculo correspondente é o indicado a traço interrompido definido pelo valor $\sigma_{comp.}$ da resistência à compressão em ensaio rápido, donde se conclui que $c_a = \frac{\sigma_{comp}}{2}$.

Portanto, quando é legítimo considerar que o comportamento de um maciço pode ser estudado a partir de ensaios rápidos, basta o ensaio de compressão simples para definir o solo.

Deve frizar-se que o valor de c_a nada tem que ver com a coesão c. Assim uma areia com tendência para expansão antes da rotura apresentará uma coesão aparente não nula quando submetida a ensaio rápido.

c) *Ensaios consolidados rápidos* — Estes ensaios são os que fornecem as características dos solos a ter em conta nos problemas em que o maciço, após ter sido submetido a solicitações sob as quais atingiu a consolidação, é depois submetido à acção de outras solicitações aplicadas ràpidamente. Tal é o caso muito corrente da aplicação rápida de solicitações a maciços consolidados sob a acção do peso próprio.

No ensaio consolidado rápido começa-se por aplicar a pressão hidrostática p sob a qual se deixa processar a consolidação. Portanto nesta primeira fase do ensaio a tensão neutra é nula e as tensões efectivas são iguais a p.

A tensão vertical complementar σ'_{III} é depois aplicada de modo a não se dar a drenagem do provete. A aplicação de σ'_{III} provoca em geral o aparecimento de uma tensão neutra cujo valor, como se viu na alínea anterior, depende das características de deformabilidade da fase sólida do solo, não se conhecendo pois as tensões efectivas instaladas.

O aspecto do diagrama que relaciona a tensão longitudinal σ'_{III} com as deformações é ainda o da fig. 18. Na aplicação de cargas repetidas também ainda se pode considerar como típico o diagrama da fig. 19.

Conduzamos até à rotura uma série de ensaios sobre diversos provetes de um mesmo solo. Tracemos a família de círculos de Mohr correspondentes aos estados de tensão total na rotura (fig. 26).

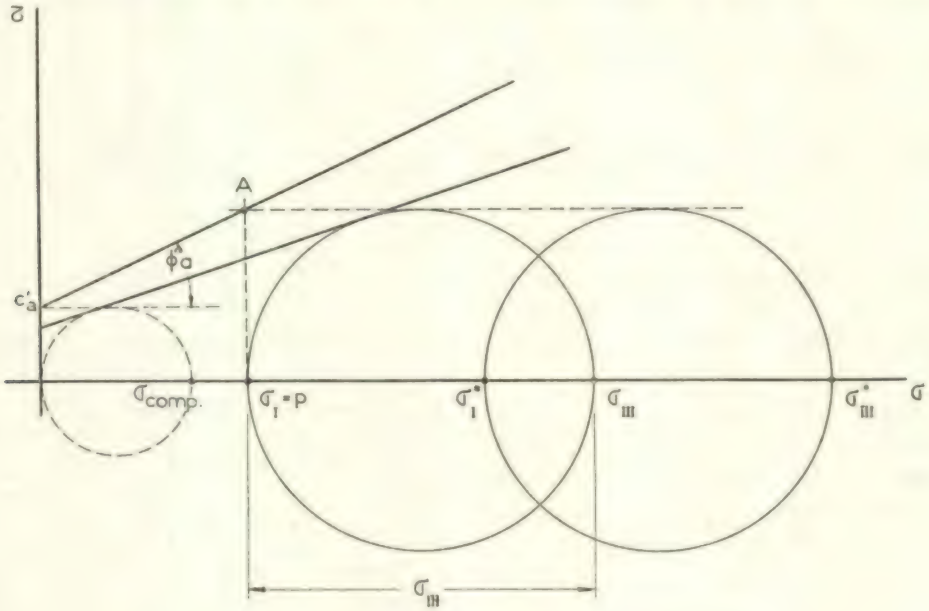


Fig. 26

Mostra a experiência que tal família admite ainda aproximadamente uma envolvente rectilínea. Esta recta não é paralela ao eixo das abcissas, como é compreensível, pois quanto maior for a pressão p tanto mais consolidada se apresenta a amostra à qual se vai aplicar a tensão vertical σ'_{III}.

Se, a um provete prèviamente consolidado sob a acção de p, aplicarmos ràpidamente um estado de tensão qualquer σ^*_{I}, σ^*_{III} que conduza à rotura, conclui-se, do que foi dito ao tratar o ensaio rápido, que a esse estado corresponderá um círculo de igual diâmetro (fig. 26). Portanto, admitindo que a rotura se dá pelas facetas a 45°, conclui-se que à tensão de consolidação p corresponde uma mesma tensão tangencial de corte qualquer que seja o estado de tensão que a determina. Deste modo a cada ponto p do eixo das abcissas corresponde um ponto A de ordenada igual ao raio dos círculos considerados.

O lugar geométrico dos pontos A será uma recta uma vez que a envolvente dos círculos obtidos no ensaio rápido seja rectilínea. A ordenada na origem c'_a e o coeficiente angular ϕ'_a dessa recta são a coesão aparente e o ângulo de atrito interno aparente correspondentes ao ensaio consolidado rápido do solo.

São estas as constantes a considerar quando se dá a rotura sob a acção de solicitações aplicadas ràpidamente a um maciço prèviamente consolidado. Para se determinar a tensão tangencial de rotura através de um elemento de volume é necessário conhecer a tensão sob a qual se processou a consolidação desse elemento.

Conclui-se pois que a envolvente dos círculos de Mohr não tem qualquer significado ao contrário do que se depreende da leitura de muitos autores. No entanto, por vezes, a consideração da precisão em jogo pode permitir que se tomem para c'_a, e ϕ'_a os valores relativos a essa envolvente.

Para um mesmo solo a coesão c'_a, tal como se acaba de definir, é igual à coesão c_a relativa ao ensaio rápido. Tal resulta imediatamente de se poder considerar o ensaio rápido de compressão simples como um ensaio consolidado rápido sob a acção da pressão $p = 0$ (fig. 26).

Do que acabamos de dizer àcerca dos ensaios dos solos resulta uma conclusão fundamental: um solo não tem umas dadas propriedades de rotura, elas dependem profundamente das condições em que se dá a rotura.

4.5 — *Caminho geral a seguir para a resolução dos problemas de Mecânica dos Solos; dificuldades que se levantam*

Retomemos a análise dos fenómenos que se passam quando se aplicam forças a um maciço. Para concretizarmos, consideremos o caso da aplicação de uma força P por intermédio de uma sapata (fig. 27). Em virtude da aplicação da força desenvolver-se-ão na água tensões neutras

$$u = \gamma_w a$$

sendo a a altura piezométrica.

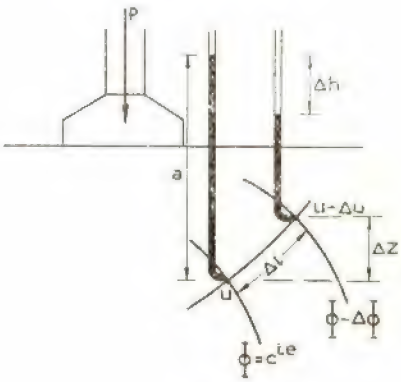


Fig. 27

Às tensões neutras u instaladas num dado instante correspondem superfícies equipotenciais dadas por

$$\Phi = u + \gamma_w z = c^{te}$$

designando por z a cota do ponto no qual a tensão neutra é u. O escoamento nesse instante dá-se segundo linhas de corrente normais a estas superfícies (fig. 27).

Admite-se sempre na Mecânica dos Solos que este escoamento se dá segundo a lei de Darcy, isto é, que o caudal na direcção do escoamento é dado por

$$q = K \frac{\Delta \Phi}{\Delta l} = K \frac{\Delta u + \gamma_w \Delta z}{\Delta l} =$$

$$= K \gamma_w \frac{\Delta h}{\Delta l} = K \gamma_w i$$

onde K designa o coeficiente de permeabilidade da fase sólida, Δl e Δh as grande-

zas representadas na figura, e i o gradiente hidráulico. O ritmo do escoamento da fase líquida através da fase sólida vai pois depender directamente do valor do coeficiente de permeabilidade, o qual varia entre larguíssimos limites.

Para solos com partículas de muito pequenas dimensões é possível que a lei de Darcy não se verifique para gradientes hidráulicos muito baixos, os quais são importantes na Mecânica dos Solos, inclinando-se alguns autores a admitir a existência de um gradiente abaixo do qual não se dá mesmo a circulação da água.

No caso de solos não saturados também, como já foi referido, se podem instalar tensões neutras importantes na fase fluida constituída por ar e água, mas o movimento desta fase já não é regido pela lei de Darcy, sendo precário o conhecimento actual das leis de esse escoamento.

Em virtude do escoamento da fase líquida, a quantidade de água contida num dado elemento de volume de um solo saturado sofre uma variação, donde resulta necessàriamente uma variação igual de volume da fase sólida, isto é, uma variação das distâncias entre partículas, a qual acarreta uma modificação das tensões efectivas e das tensões neutras. Dá-se uma transmissão de tensões entre as fases líquida e sólida a qual é acompanhada em geral de modificação das tensões totais. Assim, o escoamento no solo sob a sapata da figura permite uma diminuição de volume, isto é, uma aproximação das partículas a qual tem automàticamente como efeito o aumento das tensões efectivas verticais e a diminuição das tensões neutras. Como é óbvio, uma dada diminuição de volume instalará na fase sólida tensões que serão tanto mais elevadas quanto mais rígido for o solo.

Da redistribuição de tensões neutras proveniente do escoamento resulta que em geral as superfícies equipotenciais $\Phi = c^{te}$ se deformam no tempo arrastando uma modificação das linhas de corrente de instante para instante.

No caso de um solo não saturado em que haja a ter em conta as tensões neutras o volume de fluido que sai de um dado volume de solo é igual à diferença entre a variação de este volume e a diminuição de volume da própria fase fluida em virtude da variação das tensões neutras nela instaladas.

Ao dar-se o escoamento da fase líquida as partículas da fase sólida ficam submetidas a forças, que chamámos de percolação, as quais são equivalentes a um atrito desenvolvido contra o movimento relativo das duas fases. Deste modo, cada elemento de volume da fase sólida fica submetido a uma força mássica, que supomos paralela à direcção de escoamento. Admitindo que não se desenvolvem forças de inércia importantes, isto é, supondo que a água se pode considerar em repouso, mostra-se fàcilmente que a grandeza dessa força mássica por unidade de volume é igual a $\frac{\Delta \Phi}{\Delta l} = \gamma_w \frac{\Delta h}{\Delta l} = \gamma_w i$.

Ao tratar, na alínea *b*) do artigo anterior, dos ensaios rápidos tivemos de considerar as forças de percolação que se desenvolviam radialmente na camada superficial do provete. Neste caso, visto o escoamento ser horizontal, é $\frac{\Delta \Phi}{\Delta l} = \frac{\Delta u}{\Delta l}$ e portanto a força radial por unidade de superfície do provete é Δu, pois $\frac{\Delta \Phi}{\Delta l}$ dá a força de percolação por unidade de volume.

As forças de percolação, que são forças mássicas actuantes na fase sólida, vão provocar o aparecimento de tensões efectivas das quais resultam deformações da fase sólida que por seu turno vão ter influência na distribuição das tensões neutras.

Os traços gerais típicos que acabamos de dar àcerca da interdependência entre o comportamento das fases sólida e fluida de um solo são suficientes para se compreender a extraordinária complexidade dos fenómenos em jogo. Daqui resultam grandes dificuldades para o tratamento analítico dos problemas da Mecânica dos Solos.

Estamos agora em posição de enunciar as condições a que, em geral, têm de satisfazer, em cada instante, os estados de tensão efectiva, neutra e total instalados num maciço.

a) Consideremos em primeiro lugar as condições a satisfazer pelo estado de tensão efectiva.

As forças actuantes na fase sólida são, no caso geral: as forças aplicadas na sua superfície, o peso próprio, a impulsão exercida pela fase fluida, as forças de percolação e as forças capilares. No caso de maciços em equilíbrio dinâmico haverá ainda a considerar as forças de inércia.

As condições a que tem de satisfazer o estado de tensão efectiva $\bar{t}$ são as mesmas a que tem de satisfazer o estado de tensão de um sólido qualquer. Portanto essas condições são as seguintes:

1) As tensões efectivas que actuam na superfície de um volume qualquer do maciço têm de equilibrar as forças actuantes, isto é, o peso próprio, as forças de percolação e as forças capilares. Como é sabido, esta condição exprime-se por intermédio das 3 conhecidas equações diferenciais de primeira ordem de equilíbrio de um meio.

2) As tensões efectivas devem satisfazer às condições aos limites, isto é, as tensões efectivas devem na superfície do maciço equilibrar as forças exteriores aplicadas na fase sólida.

3) As tensões efectivas têm de ser tais que as correspondentes deformações satisfaçam à condição de compatibilidade das deformações. Isto é, se se considerar o maciço dividido em volumes quaisquer, as tensões efectivas desenvolvidas têm de ser tais que após deformação tais volumes possam continuar a ajustar-se uns aos outros. Trata-se portanto de uma condição de continuidade.

A condição de compatibilidade exprime-se em função dos componentes da deformação num ponto por intermédio de um sistema de 6 equações diferenciais. A partir do conhecimento, que é indispensável, das relações entre tensões efectivas e deformações de um elemento de volume da fase sólida essas equações podem ser expressas em função das tensões.

b) Vejamos agora as condições a que têm de satisfazer as tensões neutras.

As forças actuantes na fase líquida são, tal como para a fase sólida, as forças de superfície, o peso próprio, e as forças de percolação e capilares as quais são iguais e opostas às actuantes na fase sólida.

As condições a satisfazer pelas tensões neutras são as seguintes:

1) A condição de equilíbrio, a qual é automàticamente satisfeita pois se supõe que se desenvolvem as forças de percolação necessárias para equilibrarem as restantes forças, isto é, as tensões neutras, o peso próprio e as forças capilares.

2) As tensões neutras têm de satisfazer às condições aos limites, isto é, têm de equilibrar as pressões aplicadas à fase líquida na superfície do maciço.

3) O escoamento provocado pelas tensões neutras, que se supõe regido pela lei de Darcy, há-de ser tal que se verifique a condição de continuidade da fase líquida.

Visto a fase sólida variar em geral de volume no tempo, a condição de continuidade tem de exprimir que: a diminuição de volume sofrida por um volume qualquer da fase sólida, diminuição que depende do estado de tensão efectiva, há-de ser igual à quantidade de água saída através da superfície de volume considerado. Esta condição exprime-se por intermédio de uma equação diferencial de segunda ordem em função da tensão neutra.

Acabamos assim de referir as condições a que tem de satisfazer em cada instante os estados de tensão efectiva e neutra, condições que são suficientes para os determinar. O estado de tensão total obtém-se pela sobreposição desses dois estados de tensão.

Se procurámos enunciar as condições gerais a que se tem de obedecer para a resolução dos problemas da Mecânica dos Solos, foi só para tornar bem patente a tarefa, digamos sobre-humana, com que se topa.

Se, por um lado, desejamos acentuar que a complexidade dos fenómenos da Mecânica dos Solos, tal como a temos vindo a pôr em evidência, aparece efectivamente nos problemas correntes, por outro lado não queremos deixar de frizar que os problemas

da Resistência de Materiais, encarados sob este aspecto das necessidades reais do engenheiro, também se apresentam bastante complexos e ainda hoje muito longe de solução satisfatória. De facto, ao engenheiro interessa conhecer o comportamento das construções até à rotura, isto é, interessa-lhe uma Resistência de Materiais que tenha em consideração a capacidade total de resistência que apresentam os diferentes materiais, sendo hoje ainda bem magros os resultados que lhe fornecem as Teorias de Plasticidade.

Se atendermos a que, afinal, as teorias de plasticidade só têm que satisfazer às 3 condições enunciadas para a fase sólida de um solo, mede-se ainda melhor a dificuldade da tarefa da Mecânica dos Solos.

A dificuldade da resolução analítica dos problemas da Mecânica dos Solos levou-nos recentemente a averiguar a possibilidade de empreender essa resolução a partir da observação de modelos.

O primeiro passo fundamental a dar era o estabelecimento das condições de semelhança mecânica. Estas condições foram estabelecidas ([1]) para qualquer tipo de relações entre tensões efectivas e deformações e tendo em conta, o que era essencial, a interdependência do movimento das duas fases. O problema agora a resolver é o estudo das condições de obtenção de materiais para a construção de modelos satisfazendo às leis de semelhança estabelecidas.

Alguns estudos já empreendidos com o auxílio de modelos ([2]) confirmaram as esperanças que depositámos no método. Tal como acontece com as estruturas, estes estudos mostraram que os modelos eram, digamos, uma réplica global do real revelando aspectos dos fenómenos não abrangidos pelas teorias existentes.

As dificuldades que apresentamos de resolução analítica dos problemas de Mecânica dos Solos levou ao estabelecimento de hipóteses simplificadoras as quais deram origem a teorias particulares.

Assim como a Resistência de Materiais, a Mecânica dos Solos apresenta-se hoje como uma verdadeira manta de retalhos resultante do agrupamento de numerosas teorias particulares. Mas, convém insistir, a heterogeneidade dos maciços não justifica a maior parte das vezes que se ambicione ter à disposição teorias muito elaboradas.

4.6 — *Teorias particulares*

Vamos procurar sistematizar as hipóteses admitidas na elaboração das teorias particulares de que hoje se dispõe.

Uma das maiores dificuldades que se levantam na Mecânica dos Solos é o tratamento analítico da interdependência entre a deformação da fase sólida e o escoamento da fase fluida. Por isso, salvo na chamada teoria da consolidação, o estudo do comportamento dos maciços é feito admitindo: ou que as forças são aplicadas lentamente de tal modo que as tensões neutras se possam considerar sempre nulas, ou que são aplicadas ràpidamente de modo a não haver tempo para se dar o escoamento da fase fluida e a consequente progressiva redistribuição de tensões neutras e efectivas. Além disso, ao estudar o escoamento da fase líquida através da fase sólida desprezam-se as deformações que esta simultâneamente sofre em virtude das forças de percolação.

Relembremos as condições em que é estabelecida a teoria da consolidação.

Dada a dificuldade de estudo do comportamento de sólidos com relações não lineares entre tensões e deformações, a teoria da consolidação começa por admitir que na deformação da fase sólida tais relações são lineares. Tal será legítimo, como se viu, só para pequenos valores das tensões efectivas, muitas vezes inferiores aos que há a considerar na prática.

Mesmo dentro desta hipótese, as dificuldades analíticas não permitiram o desenvolvimento de teorias satisfatórias de consolidação para equilíbrios a duas e três dimensões. Só no caso da consolidação de camadas carregadas uniformemente, nas

---

([1]) M. Rocha, «Similarity conditions in model studies of soil mechanics problems», *Técnica*, n.º 232, Maio 1953.

([2]) M. Rocha, J. Folque, «Some results of settlements observations in actual structures and in models», *Técnica*, n.º 233, Junho de 1953.

quais um elemento de volume sofra sòmente deformações numa direcção, foi possível desenvolver uma teoria de consolidação.

Esta teoria, estabelecida por Terzaghi por volta de 1925, foi um dos pilares da Mecânica dos Solos, pois foi aí que pela primeira vez foi posta em evidência, pelo menos quantitativamente, a influência do escoamento da água na deformação lenta dos solos. Essa teoria de consolidação, apesar de em rigor só ser aplicável a uma consolidação unidimensional presta valioso serviço na resolução de muitos outros problemas.

Vejamos quais as possibilidades de que se dispõe para a previsão do comportamento de maciços quando se podem desprezar as tensões neutras.

Suponhamos, em primeiro lugar, que o maciço não apresenta uma marcada variação de deformabilidade com a profundidade, isto é, que se pode considerar homogéneo.

Se as tensões efectivas desenvolvidas no maciço, incluídas as iniciais devidas ao peso próprio, não excederem certos limites, as deformações poderão ser consideradas proporcionais às tensões, como se viu ao tratar-se dos ensaios lentos. Em tal caso as tensões efectivas instaladas no maciço podem ser calculadas pela Teoria da Elasticidade, a qual contudo se mostra muitas vezes insuficiente.

Se o maciço é constituído por diversas camadas homogéneas, também a Teoria da Elasticidade permite, num número limitado de casos, calcular as tensões desenvolvidas uma vez conhecidas as constantes elásticas das camadas.

No caso dos maciços aos quais a consolidação tenha conferido uma marcada variação de deformabilidade com a profundidade, pode fazer-se a decomposição do maciço em camadas que seja legítimo considerar como homogéneas, caindo-se na situação anterior.

Uma vez calculadas as tensões podem determinar-se as deformações e portanto os deslocamentos, em particular os assentamentos.

Suponhamos que a intensidade das solicitações ultrapassa a que determina um equilíbrio elástico. À medida que a solicitação cresce as deformações em diversas regiões do maciço deixam de ser proporcionais às tensões, tal como acontece no diagrama da figura 18, donde resulta que as tensões efectivas instaladas se vão afastando quer em grandeza, quer em direcção, das fornecidas pela Teoria da Elasticidade.

Pode bem afirmar-se que nesta fase não há possibilidade de cálculo analítico de tensões, isto é, não há possibilidade de integrar as equações de uma teoria de plasticidade em que as relações entre tensões e deformações não são lineares.

À medida que aumenta a intensidade das solicitações chega uma altura em que nalgumas regiões do maciço se atinge o estado de tensão que determina a rotura. Se esta rotura provoca uma separação entre partes do maciço, isto é, a abertura de fendas, o problema do cálculo das tensões ainda mais se complica pois será necessário entrar em consideração com o progresso da fenda.

Porém, na maior parte dos problemas da Mecânica dos Solos, é legítimo admitir que a rotura não traz separação, e que, além disso, atingido num elemento de volume o estado de tensões máximas, as deformações podem aumentar sem alteração desse estado de tensões. No caso do diagrama da fig. 18 tal corresponde a admitir a existência para a tensão máxima do patamar a traço interrompido.

Se admitirmos que a passagam das deformações elásticas às plásticas se faz bruscamente, o que corresponde a substituir o diagrama da fig. 18 pela linha quebrada a traço interrompido, é possível resolver analìticamente alguns problemas de determinação do estado de tensões.

Compreende-se a dificuldade de resolução de estes problemas, apesar das hipóteses simplificadoras admitidas, pois é necessário afinal tratar o maciço como um corpo com duas zonas com propriedades diversas, uma zona que se deforma elàsticamente e outra em deformação plástica, sendo além disso necessário determinar a superfície de separação dessas duas zonas. Pode dizer-se

que ao longo dessa superfície de separação a zona plástica escorrega sobre a elástica.

Alguns dos problemas resolvidos estão na base da solução que a Mecânica dos Solos fornece a muitos problemas práticos, como impulsos sobre suportes, resistência de taludes, capacidade de carga de maciços sob sapatas, etc.

As dificuldades analíticas que se encontram, mesmo dentro do quadro de hipóteses apontadas, obrigam quase sempre a estabelecer outras hipóteses, por vezes radicalmente simplificadoras.

Assim, na resolução de muitos problemas, a superfície do escorregamento, isto é, a superfície por onde se dá a rotura é fixada «a priori». Uma vez fixada esta superfície é necessário em todos os problemas determinar a resistência ao corte que pode ser mobilizada ao longo dela.

No caso que estamos tratando dos maciços consolidados sob a acção das solicitações, a tensão tangencial de corte é dada, como vimos, por $\bar{\tau} = c + \bar{\sigma}\, tg\, \phi$. É portanto necessário conhecer as tensões normais efectivas $\bar{\sigma}$ ao longo da superfície de escorregamento na fase das grandes deformações.

Uma vez conhecidos os valores de $\bar{\sigma}$ ao longo da superfície de escorregamento, as condições de equilíbrio da parte do maciço limitada por esta superfície são por vezes suficientes para a determinação do valor da solicitação que determinará a rotura.

Para simplificar os cálculos, e por vezes em casos em que não se conhece a forma da superfície de escorregamento, supõe-se esta superfície cilíndrica com directriz circular.

É o que se faz correntemente nos estudos de resistência de taludes.

Para determinação das tensões normais efectivas $\bar{\sigma}$ desenvolvidas ao longo de uma superfície de escorregamento, é-se obrigado muitas vezes a admitir que se trata de um equilíbrio elástico.

Passemos a considerar o caso do estudo do comportamento de maciços quando é legítimo supor que as solicitações são aplicadas ràpidamente no sentido de não haver tempo para se dar o escoamento da fase líquida. Deve notar-se que tal escoamento depende fortemente das dimensões do maciço, de tal modo que no caso do escoamento interessar grandes massas do solo é por vezes desprezível o escoamento observado mesmo ao cabo de dias ou até de semanas.

Como se viu ao tratar-se dos ensaios triaxiais rápidos, pode muitas vezes considerar-se que, para valores suficientemente baixos das tensões totais, há proporcionalidade entre tensões e deformações. Portanto, tal como no caso dos maciços consolidados, anteriormente abordado, é possível, para valores suficientemente baixos das solicitações, calcular pela teoria da Elasticidade as tensões totais e os deslocamentos de maciços homogéneos e de maciços constituídos pela sobreposição de camadas homogéneas.

Acerca do que se passa quando a intensidade das solicitações cresce e se sai da fase elástica, é aplicável tudo o que se disse para o caso dos maciços consolidados. Deve sòmente ser frizado que no caso presente, em que não há consolidação, se o maciço puder ser considerado como homogéneo, a tensão tangencial que determina o corte segundo um elemento de área é independente da tensão normal actuante no elemento, tendo o valor constante que foi designado por c_a. Tal facto arrasta geralmente simplificações importantes.

No caso dos maciços consolidados, por exemplo, sob a acção do peso próprio, e submetidos à acção de solicitações aplicadas ràpidamente no sentido já referido, tudo se passa, como se se tratasse da aplicação de solicitações a um maciço heterogéneo, sendo a heterogeneidade provocada pela consolidação prévia. São inteiramente aplicáveis as considerações feitas quanto ao comportamento elástico e na rotura.

Para determinar o valor da tensão tangencial $\bar{\tau}$ que determina a rotura através de um elemento de volume prèviamente consolidado sob de uma tensão de consolidação p, basta recorrer a $\bar{\tau}' = c'_a + p\, tg\, \phi'_a$, onde c'_a e ϕ'_a são as constantes relativas ao ensaio consolidado rápido do material.

Finalmente foi referido que com frequência se faz o estudo do escoamento da

fase líquida supondo indeformável a fase sólida. Cai-se assim num problema de Mecânica dos Fluidos, enquanto que nos casos anteriormente considerados se caía em problemas de Mecânica dos Sólidos.

CONCLUSÃO

Supomos ter alcançado o objectivo marcado ao capítulo de introdução do curso de Mecânica dos Solos, pois pretendia-se com ele dar uma vista de conjunto desta disciplina, a qual permitisse que os ouvintes inserissem devidamente as sucessivas lições no edifício da Mecânica dos Solos.

Não se pretendeu expor a maneira como se resolvem os problemas da Mecânica dos Solos mas sòmente mostrar como eles aparecem, quais as dificuldades fundamentais que levantam e, finalmente, quais as hipóteses simplificadoras típicas que se é obrigado a admitir.

AGRADECIMENTO — Desejo manifestar ao colega Abel Simões o meu reconhecimento pela valiosa colaboração prestada na revisão do original e das provas e na preparação das figuras.

ASEA

UMA DAS GRANDES FÁBRICAS DE MÁQUINAS
E APARELHAGEM ELÉCTRICAS DO MUNDO

ALLMANNA SVENSKA
ELEKTRISKA AB
SUÉCIA

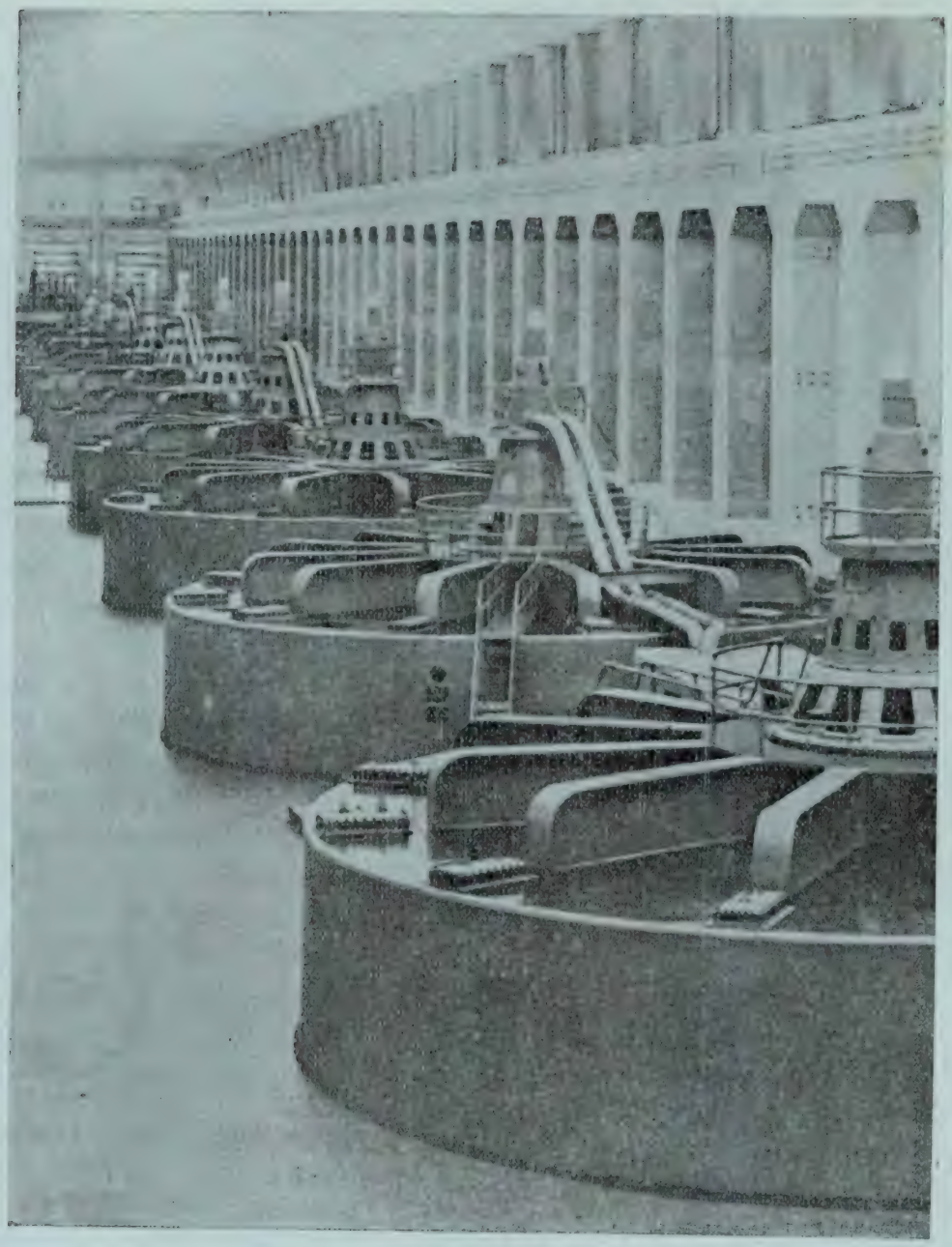
ALTERNADORES ✦ MOTORES ✦ TRANSFORMADORES
DISJUNTORES ✦ CONDENSADORES ✦ PÁRA-RAIOS
APARELHAGEM PARA ALTA E BAIXA TENSÃO
REGULADORES DE TENSÃO ✦ GRUPOS ELECTROGÉNIOS
EQUIPAMENTOS ESPECIAIS PARA A INDÚSTRIA
TÉXTIL • PAPEL • CIMENTO • FERRO
GRANDES CENTRAIS ELÉCTRICAS
TELECOMANDO • FORNOS A. F. • TRACÇÃO

ENTREGAS RÁPIDAS NA FÁBRICA
NOVOS PREÇOS REDUZIDOS
GRANDE STOK EM ARMAZÉM

REPRESENTANTES

JAYME DA COSTA, L.DA

LISBOA - PORTO



A GENERAL ELECTRIC NO CAMPO DA PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA

Central Hidro-Eléctrica contendo 10 grupos com alternadores verticais GENERAL ELECTRIC de 60 000 KVA, cada, instalada na barragem de Bonneville, no Rio Columbia, Estado de Oregon, E. U. A.

GENERAL ELECTRIC

Portuguesa, S. A. R. L.

LISBOA
Rua do Norte, 5

FILIAL NO PORTO
R. Sá da Bandeira, 585

C. D. 621.317.78

Appareils modernes de comptage d'energie électrique pour consommateurs importants

Conférence de Monsieur de Vittorelli, Ingénieur en Chef des Siemens-Schuckertwerke, tenue au mois de Décembre 1953 à l'Instituto Superior Técnico de Lisbonne

Il y a environ 70 ans que Thomes Alva Edison réalisa le premier compteur d'énergie électrique qui se basait sur le pesage de la quantité de métal séparé par l'électrolyse. Environ à la même époque Aron créa le compteur à pendule qui fut le premier compteur pratiquement utilisable. Depuis lors le ingénieurs d'études et de recherches des grandes usines de compteurs électriques ont travaillé sans cesse à perfectionner et améliorer les competeurs, pour satisfaire aux exigences croissants quant à leur précision, leur capacité de charge et leurs durée de service. Ainsi on est parvenu au compteur moderne pour courant alternatif, se basant sur le principe d'induction, appelé d'après son inventeur «principe de Ferraris».

Ce compteur sous sa forme habituelle de compteur pour petits consomateurs, habitations, etc., est devenu aujourd'hui un produit standardisé de la mécanique de précision. En considérant les caractéristiques du compteur on se rend compte que l'on se trouve en face d'un appareil de mesure de précision, surclassant sous certais rapports même les instruments de mesure du type pour laboratoires. Le compteur moderne pour courant alternatif démarre à des valeurs de 0,3 à 0,5 % de sa charge nominale ; ses erreurs ne dépassent pas $\pm$ 2,5 % pour charges allant de 5 a 200 % et même à 300 ou 400 % de l'intensité nominalle ; sa dépendance de la tension et de la fréquence est très reduite, en outre il est pourvu d'un dispositif de compensation de la température ; les différentes pièces des sistèmes de mesure ainsi que les pièces sujettes à l'usure, teles que pivots et pierres du palier inférieur sont aisément remplaçables ; les dispositifs de réglage sont d'un accès facile permettant un étalonnage aisé ; la bobine de tension est de grande regidité diélectrique et les pièces traversées par le courant sont soumises à un essai de 2.000 V par rapport à la masse ; il est bien protégé contre les influences extérieures, contre poussières, l'humidité, les sollicitations mécaniques et contre opérations arbitraires. D'après l'expérience, sa durée de service est de 15 à 20 ans, et pendant cette période il conserva invariée sa précision de mesure. On peut dire qu'un perfectionnement encore plus poussé du compteur n'est limité aujourd'hui que par le prix réduit imposé par l'acheteur.

En ce qui concerne les compteurs pour les consomateurs importants, le problème du prix ne joue pas un rôle aussi décisif que pour les compteurs standard. Vu les quantités d'énergie importantes dont il est ici question, le rôle primordial est joué par la précision que l'on demand aussi grande que possible, même pour charges réduits.

Pour cette raison on a créé le *compteur de haute précision.*

C'est un compteur triphasé à 3 systèmes de mesure, équipé d'une minuterie à siguilles au lieu d'une minuterie normale à rouleaux-chiffreurs. Cette minuterie est plus chère mais son frottement est moindre. Le couple de freinage est produit par un aimant spécial, en alliage de précision. On renonce ici à une capacité de surcharge élevée, la capacité de surcharge étant limitée par celle des réducteurs d'intensité sur lesquels sont branchés les compteurs. La précision de mesure de ce compteur est de $\pm$ 1 % pour charges allant de 5 à 125 % de la charge nominale.

Le *palier inférieur* (Fig. 1) contient une bille d'acier libre, polie à haut reflet, entre 2 saphirs synthétiques. Des recherches systèmatiques de longue durée ont prouvé que, quant au frottement minime et à la grande duré e de service, ce palier est supérieur à tous les austres paliers connus jusqu'ici. Ce palier ne demandant aucun graissage, le probléme de graissage présentant souvent de grandes difficultés, est résolu une fois pour toutes.

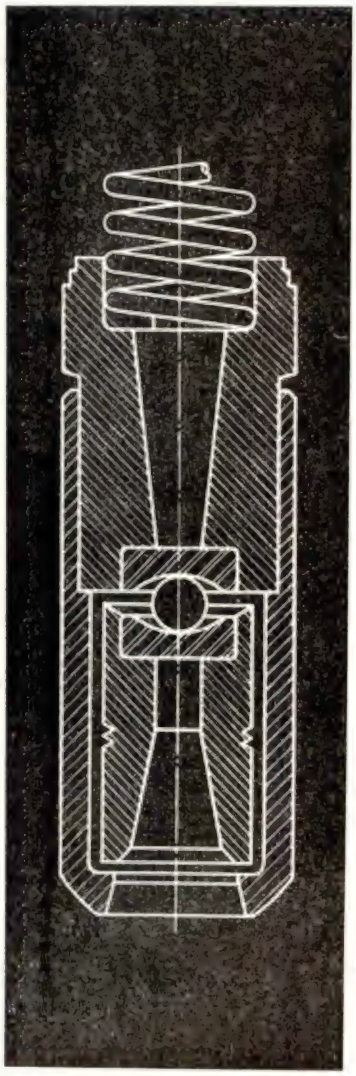


Fig. 1 — Palier inferieur à 2 pierres

Les décomptes entre l'usine de production de l'énergie électrique et les consomateurs importants se font en général d'aprés un tarif à maximum. Ce genre de tarif a pour objet de faire participer le consommateur aux frais fixes de l'usine, frais que dépendent essentiellement de la puissance en kW mise à la disposition de l'abonné et non du mombre de kWh fournis. A cet effet le *compteur à maximum* possède une minuterie normale des kWh ainsi qu'un indicateur de maximum, permettant la lecture de la consommation moyenne maxima en kW de l'abonné. Le débrayage périodique de l'indicateur de maximum est produit par une horloge de contact séparée, ou bien par un mouteur synchrone incorporé. La consommation moyenne est prise dans des intervalles réguliers, les périodes d'enregistrement, égalant en général 15 minutes.

Ce compteur à maximum de kW atteint pendant une certaine période de lecture, para exemple pendant un mois. Il n'indique toutefois pas combien de fois ce maximum a été atteint et pour quelles heures de la journée. Pour avoir une présentation exacte de l'allule de la consomation on se sert d'un *système enregistreur à maximum :*

L'indicateur de maximum de cet appareil (Fig. 2) est relié à un dispositif enregistreur qui trace le diagramme de la charge sur une bande de papier avancée par un mouvement d'horlogerie incorporé. Le style

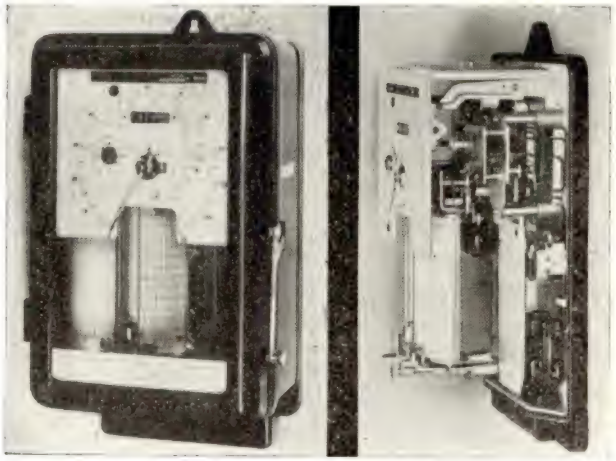


Fig. 2 — Mecanisme de telecomptage avec indicateur et enrigestreur de maximum

traceur rempli d'encre spéciale est déplacé plus ou moins rapidement en fontion de la charge momentanée et il retourne à zéro à la fin de la période d'enregistrement. On

peut donc effectuer la lecture de la journée et établir le compte de l'abonné sur la base des pointes tracées.

L'avance de la bande de papier pouvant être réglée à 5, 10 ou 20 mm à l'heure, un rouleau de papier suffit pour 8, 4 ou 2 mois.

L'appareil présenté est conçu pour télémesure, c'est à dire il n'est pas accouplé de de façon mécanique au compteur proprement dit, mais n'est lié avec celui-ci qu'électriquement. Cett disposition présente l'avantage de ne pas augmenter la charge mécanique du compteur par suite du système enregistreur, d'où aucune altération de sa précision de mesure. Elle offre en outre la possibilité de la lecture du maximum à un endroit situé à une distance quelconce de l'emplacement du compteur.

La figure 3 montre le schéma de construction d'un tel télécompteur avec indicateur et enregistreur de maximum. Le relais en haut à droite relie le réducteur différentiel et le mécanisme avec l'indicateur le maximum et le dispositif de traçage d'un

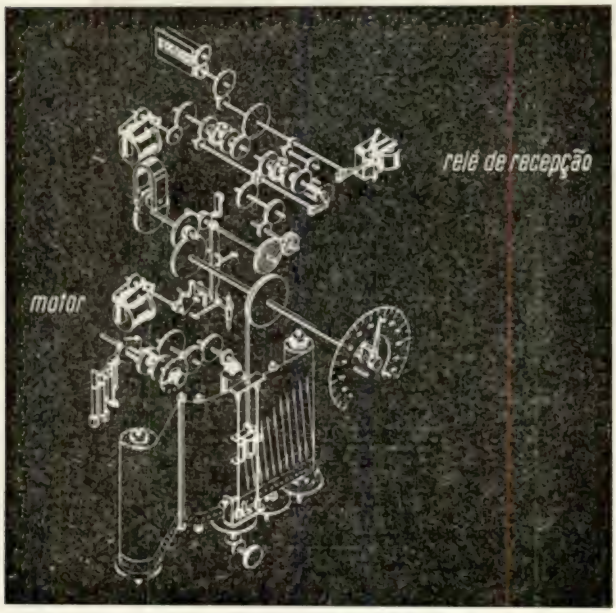


Fig. 3 — Schéma du mecanisme d'un télécompteur avec indicateur et enregistreur de maximum

côté, avec la minuterie de kWh de l'autre côté. Un mouvement d'horlogerie qui n'est pas visible sur le schéma fait avancer le papier à diagramme et provoque en outre le débrayage périodique du système à maximum, au moyen d'une roue de commande et d'un contact.

A charge nominale, le système de maximum reçoit normalement 500 impulsions pendant 15 minutes, le déplacement atteignant 100 mm. Chaque impulsion fait déplacer le dispositif de traçage de 0,2 mm. Si le maximum réel est sensiblement plus petit que celui qui correspond à la puissance nominale des réducteurs d'intensité, la course du dispositif de traçage par chaque impulsion peut être modifiée pour l'adapter à la valeur probable du maximum réel.

Les impulsions reçues pendant la période de retour, c'est à dire pendant les dernières 15 sec de la période d'enregistrement, sont accumulées par un dispositif spécial et transmises au début de la nouvelle période d'enregistrement successivement au dispositif de traçage.

Comme nous l'avons déjà dit, le compteur lui-même peut être monté séparément du système de maximum avec lequel il est relié par 2 lignes pilotes. Le compteur est équipé d'un dispositif émetteur possédant une très grande sécurité de service pour éviter tout manque d'impulsions. D'autre part, la précision du compteur doit être conservée invarieé même s'il est équipé du dispositif émetteur. Le dispositif émetteur devra donc répondre aux exigences suivantes :

1) sécurité invariée du fonctionnement même après quelques millions de commutations;
2) aucune altération de la precision du compteurs;
3) durée de contact indépendante de la vitesse du rotor du compteur;
4) à compteur arrêté, le contact doit être ouvert, pour que les relais récepteurs ne soient pas mis sous tension continuellement;
5) ne pas crainde les vibrations;
6) fonctionner aussi bien en alternatif qu'en continu.

Notre dispositif émetteur qui est le résultat d'une étude de longues annés remplit

toutes ces exigences. Le contact réalisé sous forme d'un interrupteur basculant à mercure n'este pas entrainé par le compteur lui-même, mais par l'intermédiaire d'un moteur synchrone à démarrage automatique. Le rotor du compteur donne le signal, le moteur synchrone répond et fait actionner le dispositif émetteur.

Le fonctionnement du dispositif ressort du schéma suivant. Par un couple de roues le compteur entraine le planétaire de gauche d'un train différentiel.

le sens contraire à celui des aiguilles d'une montre, l'axe du différentiel est entrainé la lame de blocage glisse de la came et le moteurs est libéré.

Le planétaire de droite se met alors à tourner dans le seds des aiguilles d'une montre et provoque le basculement de l'interrupteur à mercure, par l'intermédiaire de l'excentrique et de la biellette.

Une brève inpulsion de courant est émise au système de lélécomptage correspondant. Pendant ce temps, l'axe du différentiel

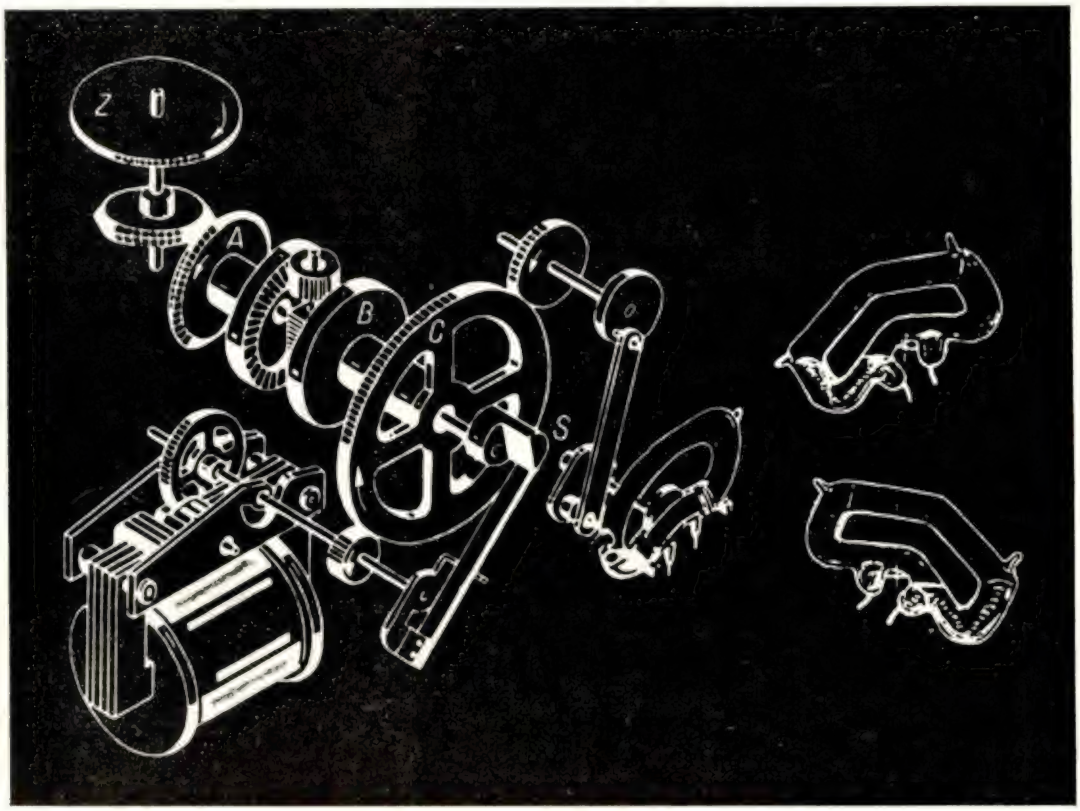


Fig. 4 — Dispositiv émetteur avec moteur synchrone et interrupteur basculant à mercure

Le planétaire de droit est relié, d'une part, a un interrupteur basculant à mercure par l'intermédiaire d'un excentrique et d'une biellette et, d'autre part, à un petit moteur asynchrone. L'axe du différentiel porte à l'une de ses extrémités une came, contre laquele s'appuie une lame de blocage solidaire de l'axe du réducteur de vitesse du moteur. Dans cette position, le moteur est freiné. Si le planétaire de gauche du différentiel est tourné, par l'axe du rotor, das

tourne également dans le sens des aiguilles d'nne montre, de sorte de la came qu'il porte appuie à nouveau contre la lame de blocage, ce qui a pour effect de freiner le moteur. Le travail nécessité pour l'actionnement de l'interrupteur basculant est donc fourni par le moteur, que le compteurs ne fait que libérer.

Les Siemens-Schuckertwerke ont étudié des compteurs à dispositif émetteur déjà en 1928 pour la télécommande de systèmes de

télétotalisation et de télécomptage à maximum. Le télécomptage, dont l'importance s'est accrue progressivement les derniers

Fig. 5 — Télétotalisation. Montage de principe

25 ans, permet de la façon simple la totalisation des maxima de plusieurs réseaux. Avant la création des télécompteurs la totalisation des maxima ne pouvait être effectuée que par calcul numérique des indications portées sur les diagrames de compteurs enregistreurs à maximum disposés dans les différents réseaux ou à leurs frontières. En outre on avait besoin d'une synchronisation des périodes de mesure et de l'avance des bandes de papier de ces compteurs, pour pouvoir additionner les maxima simultanés. Ces calculs étaient compliqués et demandaient beaucoup de temps, surtout s'il fallait totaliser les maxima non seulement pour la puissance active, mais aussi pour les puissances réactive et apparente.

Le télécomptage que l'on ne doit pas confondre avec la télémesure qui ne transmet que des valeurs momentanées, est basé sur le principe d'impulsions de courant. Le compteur à dispositif émetteur produit des impulsions de courant d'une certain valeur en unités de travail qui sont transmises à un appareil récepteur. Chaque tour du rotor du compteur à dispositif émetteur correspond à une certaine quantité de travail. L'impulsion étant émise aprés un certain nombre de tours du rotor, elle correspond donc aussi à une certaine quantité de travail, la valeur d'impulsion. Les impulsions sont réceptionnées par le système récepteur du télécompteur et transformées en un mouvement rotatif. Cette rotation déplace la minuterie d'une certaine quantité, c'est à dire de la valeur d'impulsion.

La figure 5 montre le principe d'une télétotalisation quelconque. Chacun des 7 postes de frontière est équipé d'un compteur triphasé normal à dispositif émetteur. Les indications des 4 premiers sont tranmises à un mécanisme télétotalisateur, permettant la lecture de la consommation totale. Cette consomation totale est transmise par un dispositif émetteur à un second mécanisme télétotalisateur, relié d'autre part aux autres 3 compteurs à dispositif émetteur. Ce second mécanisme télétotalisateur, indique donc la consommation totale des postes 1 à 7. Si ce second mécanisme télétotalisateur est relié à un télécompteur avec indicateur et enregistreur de maximum, on obtient tous les quarts d'heure le maximum s'établissant simultanément à tous les 7 postes.

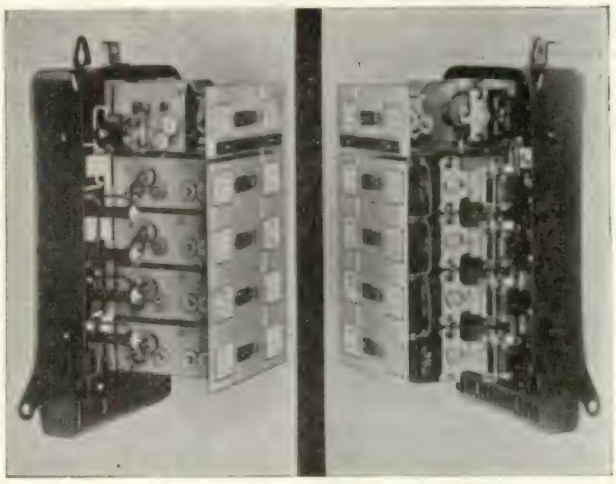


Fig. 6 — Mécanisme télétotaliseur pour 4 composantes

La figure 6 montre un mécanisme télétotalisateur pour 4 composantes. Une minuterie est prévue pour chaque composante; l'indication de la minuterie doit correspondre à celle du compteur correspondant au

dispositif émetteur. On a donc la possibilité d'un contrôle continu de la transmission des impulsions, en comparant les indications. La minuterie supérieure est entrainée par trains différentiels à partir des 4 minuteries inférieures, totalisant la somme des kWh des 4 postes. Entre le relais récepteur pour chaque composant et le mécanisme totalisateur on a prévu 2 couples de roues interchangeables, dont le rapport peut être adapté aux puissances nominales primaires des différentes composantes. On n'a donc plus besoin de modifier le compteur à dispositif émetteur pour réaliser cette adaptation, comme c'était le cas jusqu'à présent. Pour compteurs avec minuterie secondaire on n'a donc plus besoin de modifier le compteur à dispositif émetteur en cas de modification de la puissance primaire des transformateurs de mesure.

Le nouveau système de télécomptage réalisé par les Siemens-Schuckertwerke après 1945 est basé sur le principe de solutionner par un nombre restreint d'appareils tous les problèmes posés pour des raisons de service ou de tarification dans le domaine de télécomptage et de télétotalisation; on a donc créé des éléments spéciaux standardisés pour chaque opération distincte, pour pouvoir les grouper selon les exigences. Ce système permet également l'agrandissement simple des installations de télécomptage de cette conception.

Nous avons déjà décrit quelques appareils conçus d'après ce système, à savoir: le compteur à dispositif émetteur, les télétotalisateurs pour 4 ou 8 composantes et le télécompteur à indicateur et enregistreur de maximum. Voyons encore quelques appareils constitués par les éléments normalisés.

Le *télécompteur avec indicateur de maximum* se compose essentiellement du relais récepteur avec servomoteur, de la minuterie des kWh et de l'indicateur de maximum. Les impulsions de courant émises par le compteur à dispositif émetteur sont transmises par les lignes pilotes au relais récepteur du télécompteur. La transmission à l'indicateur de maximum comporte un dispositif accumulateur d'impulsions, pour éviter toute erreur dans la mesure du maximum par suite de perte d'impulsions pendant la période de retour de l'indicateur.

Le télécompteur avec indicateur, enregistreur et imprimeur de maximum, appelé *enregistreur-imprimeur de maximum,* est également constitué par des éléments normalisés. Il peut être raccordé sur n'importe quel compteur à dispositif émetteur que ce soit un compteur d'énergie active ou réactive, un compteur totalisateur ou même un télétotalisateur avec dispositif émetteur du total. Par rapport au télécompteur avec enregistreur de maximum cet appareil présente l'avantage de fournir en chiffres imprimés un document d'une netteté absolue servant de base aux décomptes. L'épaisseur du trait d'un diagramme tracé peut être la source d'une erreur, tandis que le chiffre imprimé n'est entaché d'aucune erreur.

D'après un nouveau procédé il est tracé une ligne oblique pendant la période de mesure; le mécanisme imprimeur disposé à droite imprime les chiffres correspondant aux différentes valeurs du diagramme en valeurs moyennes de puissance. Le repère de temps, la ligne tracé et la valeur imprimée du diagramme se trouvent à la même hauteur.

Lors de l'étude de cet appareil le problème de la coordination de l'indicateur de maximum a été résolu en transformant l'échelle circulaire habituelle en une échelle droite. L'échelle de maximum est maintenant parallèle au diagramme de l'enregistreur de maximum; la position la plus élevés de l'aiguille entrainée au-dessus de l'échelle de maximum se trouve à la même hauteur que la plus grande valeur dn diagramme.

Le papier à diagramme est transporté de haut en bas; il est guidé par une perforation disposée entre les parties prévues pour l'enregistreur et pour l'imprimeur. Après l'avoir sorti de l'appareil, on peut séparer la bande de papier en deux, pour remettre la bande à diagramme à la centrale électrique et la bande imprimée au service des décomptes. Toutes les deux parties portent, bien entendu, la division de 24 heures.

Le traçage du diagramme s'effectue d'après le principe à dents qui a fait ses preuves depuis 25 ans. Pendant la période

d'enregistrement est tracée nne ligne oblique et à la fin de la période le style retourne à ligne zéro. La ligne oblique donne des indications sur les variations de la charge pendant la période d''enregistrement. Si la tension auxiliaire vient à manquer, le style retourne à zéro, faisant ressortir le dérangement.

Pour le traçage du diagramme nous avons mis au point un noveau système, réalisé par un point de rubis pressée par chaque impulsion contre un tampon d'encre qui marque un point sur le papier à diagramme, après s'être retournée. Le points écartés de 0,15 mm forment pratiquement une ligne continue.

Ce système de traçage offre les avantages snivants :

1) le dispositif de traçage fonctionne à sec ;
2) l'extrémité de la ligne oblique est formée par un point bien défini ;
3) le diamètre de chaque point ne dépasse pas 0,2 mm ;
4) même après un arrêt prolongé, l'appareil est prêt au traçage à la réception de la première impulsion.

L'exigence déterminante pour la conception de l'imprimeur était le contrôle de la position zéro. Pour pouvoir utiliser les chiffres imprimés pour les décomptes, il faut avoir la certitude que la comptage de chaque période d'enregistrement commence à zéro.

On pourrait arriver à un certain contrôle en effectuant une liaison forcée entre le retour à zéro du dispositif de traçage et du dispositif imprimeur. Toutefois dans ce cas l'épaisseur de la ligne zéro et l'épaisseur de la ligne du diagramme pourraient entacher d'erreurs le contrôle du zéro.

La seule solution assurant une précision absolue consiste dans l'impression de la position zéro, qui se fait comme suit :

A la fin de chaque période d'enregistrement le dispositif imprimeur est déplacé à droite. Les impulsions de la période écoulée ont été données sur les rouleaux chiffreurs du dispositif. Au début de la période suivante le dispositif imprimeur se déplace à gauche et la valeur de maximum est imprimés. Après cela le dispositif imprimeur retourne à droite et les rouleaux chiffreurs sont ramenés à zéro, pour imprimer le zéro dans la position de repos à droite (Fig. 7).

Pendant les deux opérations d'impression, les impulsions sont accumulées et données sur le dispositif imprimeur après l'accomplissement de ces opérations ; aucune impulsion n'est donc perdue.

Fig. 7 — Mécanisme télétotalisateur avec indicateur, enregistrateur et dispositif imprimeur

Les chiffres imprimés sont visibles de l'extérieur, même le dernier chiffre peut être lu immédiatement.

La même accumulation d'impulsions est réalisés également pour le dispositif de traçage.

Si la tension auxilaire vient à manquer pendant la période d'enregistrement, le dispositif de traçage retourne à zéro et il recommence à tracer à partir de zéro quand la tension revient. Par contre, la valeur accumulée par le dispositif imprimeur n'est imprimés qu'à la fin de la période d'enregistrement, même si la tension auxiliaire manque à cet instant.

On peut régler à tout temps le synchronisme de l'avance de la bande de papier et

de l'horloge incorporée commandant le contact de maximum.

L'enregistreur-imprimeur de maximum est en outre équipé d'une minuterie simple, ou à double tarif, pour le contrôle des impulsions venant des compteurs à dispositif émetteur.

La différence des indications de la minuterie pour une certaine période, par exemple pendant un mois, correspond à la somme des chiffres imprimés pendant cette période.

Chaque enregistreur-imprimeur de maximum comporte un contact de maximum et un dispositif de synchronisation. Si l'on utilise plusieurs appareils dans la même installation, le contact de maximum d'un de ces appareils sert à la commande des autres appareils à l'aide de leurs dispositifs de synchronisation.

Si pour de gros consommateurs il import de déterminer le maximum d'énergie apparente en kVA, on peut utiliser le mécanisme à sphère connu permettant la mesure de l'énergie apparente pour toutes les valeurs du facteur de puissance, en se servant d'un principe théorique exacte. L'appareil conçu d'après ce principe fonctionne également comme télécompteur. Autrefois le mécanisme à sphère était entrainé directement par les compteurs y relatifs, c'est à dire par un compteur d'énergie active et un compteur d'énergie réactive; maintenant on a séparé le mécanisme à sphère des compteurs, pour ne pas les charger, ce qui peut altérer leurs bonnes caractéristiques normales.

L'appareil permet la lecture de l'énergie active (kWh), de l'énergie réactive (kVArh) et de l'énergie apparente (kVAh), ainsi que du facteur de puissance existant au moment donné.

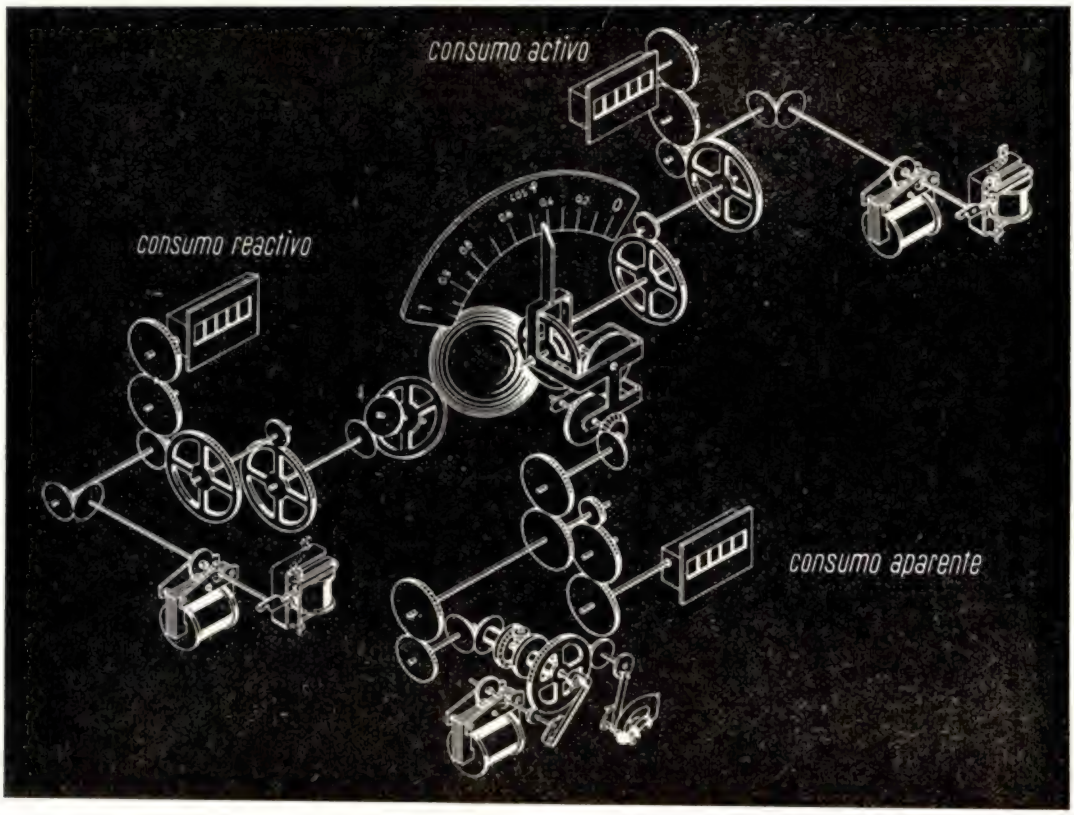


Fig. 8 — Mécanisme télétotalisateur d'énergie active, réactive et apparente à sphère

Son fonctionnement découle du schéma suivant: (Fig. 8)

Le *télécompteur d'énergie apparente à sphère,* comporte 2 relais récepteurs à ser-

vomoteur, entrainés l'un par les impulsions d'un compteur d'énergie active, l'autre, par les impulsions d'un compteur d'énergie réactive, ainsi qu'un mécanisme à sphère, un dispositif émetteur et 3 minuteries pour l'indication des kWh, kVArh et kVAh.

Le mécanisme à sphère comporte essentiellement une sphère reposant sur trois roulettes, dont deux sont entrainées par les relais récepteurs, commandés par les compteurs à dispositif émetteur, tandis que la troisième roulette est reliee par un bras pivotable à la minuterie de kVAh et au dispositif émetteur. Les points de contact des deux premières roulettes forment avec le centre de la sphère an triangle isocèle, dont l'angle au sommet est un angle droit. Le prolongement de l'axe de pivotage de la troisième roulette passe par le centre de la sphère et est perpendiculaire au plan constitué par les deux autres rouletes et le centre de la sphère.

Chacun des deux premières roulettes, si elle était entrainée seule, ferait tourner la sphére dans le sens du grand cercle qui passe par le plan de la roulette. Lorsque ces deux roulettes tournent en même temps, la sphère se déplace à une vitesse angulaire qui est la somme géométrique des deux vitesses d'entrainement et est donc proportionnelle à la puissance apparente. La puissance apparente s'obtient par l'addition géométrique de la puissance active et de la puissance réactive, selon la formule :

$$U.\ J. = \sqrt{(U.\ J.\ \cos\varphi)^2 + (U.\ J.\ \sin\varphi)^2}\ .$$

Lé télécompteur d'énergie apparente, à sphère, exécute automatiquement ce calcul.

Quant à la troisième roulette, elle s'ajuste constamment au cercle de la sphère qui présente la plus grande vitesse périphérique, de sorte que sa position, et par conséquent la position du bras pivotable, est une mesure de la valeur momentanée du facteur de puissance, qui peut être lue sur une échelle située au-dessus de la sphère et graduée de 0 à 1.

Les tours de la troisième roulette sont transmis par des engrenages, d'une part à la minuterie de kVAh et, d'autre part, au dispositif émetteur. Au dispositif émetteur on peut recorder de façon éléctrique un télécompteur avec indicateur, enregistreur ou imprimeur de maximum.

La figure 9 montre l'apareil sans capot. On voit distinctement les 3 minuteries d'énergie active, réactive et apparente, un des relais récepteurs ainsi qu'une partie du mécanisme à sphère avec la troisième roulette pivotable au-dessus d'une échelle.

Tous les consommateurs importants d'énergie électrique, abonnés au tarif à maximum, donc au tarif considérant la puissance fournie, sont intéressés d'utiliser au mieux les possibilités de ce tarif et de réduire au possible les frais dus à la puissance. Ils éviteront par consequent toutes pointes de charge prolongées et prendront toutes les mesures nécessaires pour rendre la charge uniforme. Ils seront donc intéressés de disposer d'un sistème de signalisation surveillant l'allune de la charge pendant les différentes périodes d'enregistrement et indiquant la nécessité de la modification de la charge en cas de danger de dépassement de la valeur prévue de la charge moyenne.

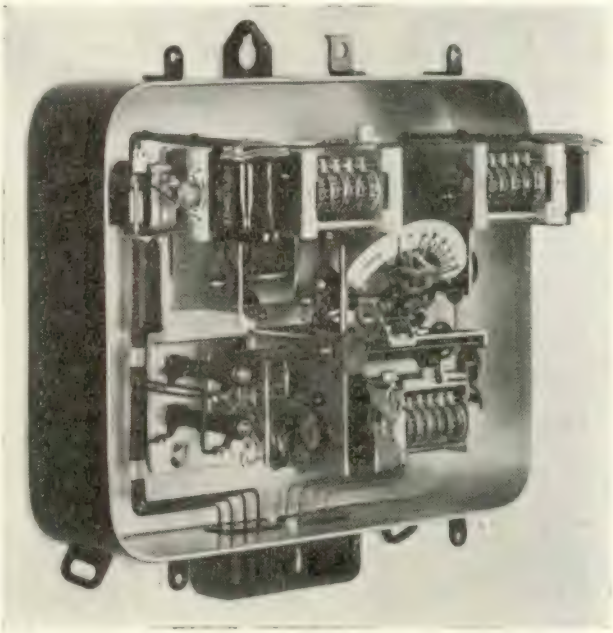


Fig. 9 — Appareil télétotalisateur d'énergie active, réactive et apparente à sphère sans capot

On peut équiper le *compteur avec indica-*

teur de maximum d'un contact de signalisation qui se ferme à une certaine position de l'indicateur. Toutefois le signal n'est donné que dans le cas où il y a danger imminent de dépassement de maximum prévu (c'est à dire de la «valeur de consigne»). Il faut alors couper immédiatement une partie de l'installation ce qui n'est pas toujours possible.

La surveillance peut aussi être assurée par un *relais de puissance* émettant le signal non à la fin de la période d'enresgistrement, mais au début du dépassement. Ce relais a cependant l'inconvénient de fonctionner d'une façon tout à fait indépendante de l'allure de la période d'enregistrement, car le tarif à maximum permet la compensation de la charge pendant la période d'enregistrement.

Si par exemple au début de la période d'enregistrement la charge n'atteignait pas

Fig. 10 — Contrôle de maximum

la valeur de consigne, on peut dépasser celle-ci sans crainte pendant cette période dans une certaine mesure, sans que l'indicateur de maximum du compteur dépasse à la fin de la période la valeur de consigne. Or, le relais de puissance ne peut pas en tenir compte (Fig. 10).

Une surveillance pleinement satisfaisante ne peut être exécutée que par *l'indicateur-contrôleur de maximum* récemment réalisé par les Siemens-Schuckertwerke. L'appareil est muni de deux aiguilles, dont une — l'aiguille de mesure — fonctionne comme l'aiguille d'un indicateur de maximum, c'est à dire elle est commandée par un compteur à dispositif émetteur, disposé séparement, et retourne à zéro à la fin de la période d'enregistrement. L'autre aiguille coaxiale — l'aiguille comparatrice — est entrainée par un moteur synchrone et se déplace à une vitesse constante devant l'échelle comune. La vitesse de l'aiguille comparatrice — est entrainée par un moteur synchrone et se déplace à une vitesse constante devant l'échelle commune. La vitesse de l'aiguille comparatrice correspond à une puissance constante, à savoir le maximum moyen qui ne devra pas être dépassé. Si l'aiguille de mesure rattrape l'aiguille comparatrice ou la dépasse, c'est à dire si la charge moyenne dépasse le maximum à surveiller, un contact de signalisation est fermé à l'aide d'un train différentiel, faisant fonctionner un avertisseur sonore ou optique. On peut même utiliser ce contact pour la coupure d'un contacteur mettant automatiquement hors circuit une partie de l'installation.

Le fonctionnement de l'indicateur-contrôleur de maximum ressort du schéma présenté par la figure 11. Les tours de l'axe du servomoteur sont transmis par pièces au planétaire de droite d'un différentiel, dont le planétaire de gauche est relié, par pièces, à un petit moteur synchrone. Par l'intermédiaire d'engrenages, les planétaires font tourner l'aiguille de mesure et l'aiguille comparatrice. Si l'aiguille de mesure rattrape l'aiguille comparatrice ou la dépasse, le satellite du différentiel fait busculer l'interrupteur à mercure actionnant l'avertisseur. A la fin de la période de mesure les deux aiguilles sont ramenées à zéro, sous l'influence de deux relais visibles sur la figure.

Grâce à sa vitesse uniforme, l'aiguille comparatrice peut servir d'indicateur de temps; par sa position on peut juger de l'écoulement de la période d'enregistrement.

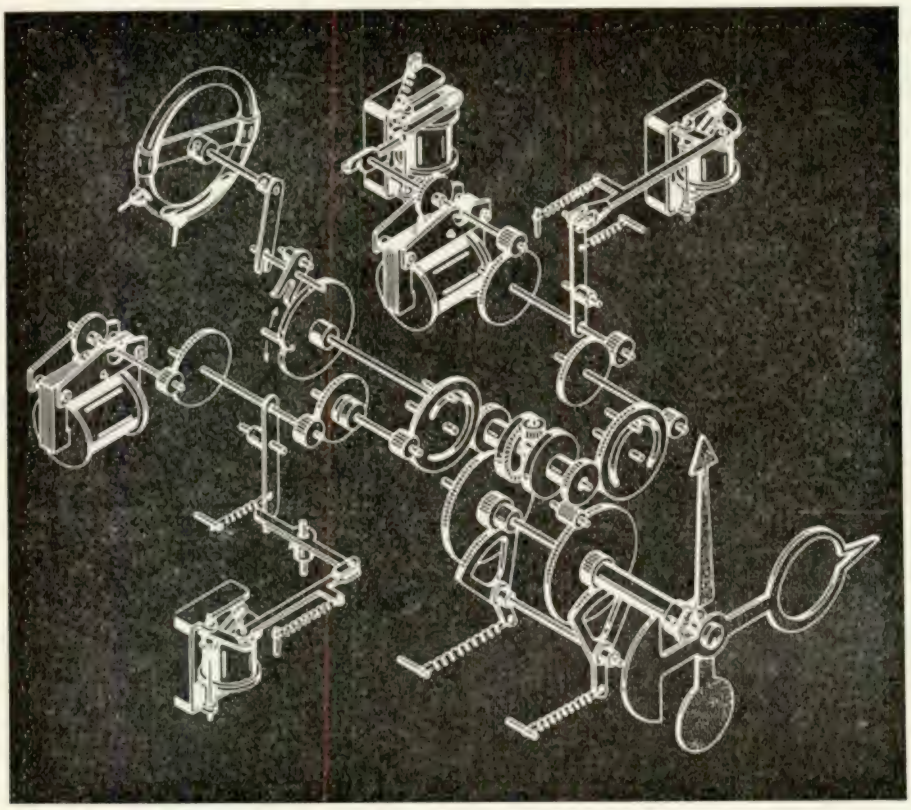


Fig. 11 — Contrôle de maximum

En cas d'un avertissement on sait donc le temps dont on dispose pour régler la charge. En comparant les deux aiguilles on peut juger à tout moment pendant la période d'enregistremente de la charge existante.

Si le maximum à surveiller doit être modifié plus ou mains souvent, on se servira d'un *répartiteur d'impulsions,* insérésentre les compteurs à dispositif émetteur et l'indicateur-contrôleur de maximum.

Les impulsions du compteur à dispositif émetteur ne son donc pas l'indicateur-contrôleur de maximum, mais au répartiteur, qui les transmet à l'indicateur aprés avoir transformé le nombre d'impulsions. Ce répartiteur permet l'ajustage de 20 à 109 % de valeur de consigne, par échelons de 1 %, de la charge nominale du compteur correspondant. La vitesse de l'aiguille comparatrice reste invariée, uniquement le nombre l'impulsions transmises à l'aiguille de mesure est modifié de façon à assurer son déplacement maximum à la fin de la période d'enregistrement, si la charge moyenne correspond à la valeur de consigne du maximum. On obtient ainsi l'utilisation complète de l'échelle de l'indicateur-contrôleur de maximum, lui conservant la même précision de mesure.

C'est évident, qu'on ne peut pas discuter dans une conférence limitée tout la technique des compteurse électriques, mais j'espére de vous avoir montré, que l'industrie offre des appareils pour tous tarifications, pour tous les besoins et pour toutes exigences.

DO MUNDO TÉCNICO

C. D. 512.37

Método de resolução de equações por substituições sucessivas

W. R. MITCHELL — «Engineering, Julho de 1949, pág. 28, e Janeiro de 1950, pág. 5

Muitos problemas de engenharia conduzem a equações cúbicas ou de grau superior, que são em geral resolvidas por meio de ábacos ou gráficos. Todavia, nas aplicações é, por vezes, necessário, resolver equações algébricas de grau elevado e equações transcendentes, para o que se apresenta a seguir um método de aproximações sucessivas, o qual permite resolver muitas equações que aparecem em problemas de engenharia, sem exigir quaisquer conhecimentos de cálculo diferencial nem da teoria geral das equações.

A sua aplicação faz-se a equações $f(x) = 0$ cujo primeiro membro seja uma soma de três parcelas; para isso, é necessário encontrar prèviamente dois valores x_1 e x_2 para os quais a função tome volores de sinal contrário, $f(x_1) = a$, $f(x_2) = -b$, entre os quais estará a raiz procurada. Admitindo uma variação linear para a função entre os pontos x_1 e x_2 teremos, para valor aproximado da raiz:

$$x = x_1 + \frac{a}{a + b}(x_2 - x_1)$$

Apresentamos a seguir alguns exemplos tirados de problemas práticos concretos.

1.º Exemplo — Resolver a equação $x^3 - 987{,}84\,x - 9.878{,}4 = 0$.

A função toma, para $x = 30$ e $x = 40$, respectivamente os valores:

$$f(30) = 27.000 - 29.635{,}2 - 9.878{,}4 = -12.513{,}6$$

$$f(40) = 64.000 - 39.513{,}6 - 9.878{,}4 = +14.608{,}0$$

Uma primeira aproximação para o valor de x será:

$$x = 30 + \frac{12.513{,}6}{12.513{,}6 + 14.608{,}0} \times 10 = 34{,}5$$

Como x^3 varia mais ràpidamente do que $987{,}84\,x$ ($64.000 - 27.000 = 37.000$ contra $39.513{,}6 - 29.635{,}2 = 9.878{,}4$), fazemos:

$$x = \sqrt[3]{987{,}84\,(x_1 + 10)}$$

Para $x_1 = 34{,}5$ vem $x = \sqrt[3]{987{,}84 \times 44{,}5} = 35{,}3$

$x_1 = 35{,}3$ $\quad x = \sqrt[3]{987{,}84 \times 45{,}3} = 35{,}5$

$x_1 = 35{,}5$ $\quad x = \sqrt[3]{987{,}84 \times 45{,}5} = 35{,}56$

$x_1 = 35{,}56$ $\quad x = \sqrt[3]{987{,}84 \times 45{,}56} = 35{,}57$

$x_1 = 35{,}57$ $\quad x = \sqrt[3]{987{,}84 \times 45{,}57} = 35{,}57$

2.º Exemplo — Resolver a equação $x^3 + 405{,}7\,x - 171.089{,}3 = 0$, que toma para $x = 50$ e $x = 55$ os valores

$$f(50) = 125.000 + 20.300 - 171.000 = -25\,800$$

$$f(55) = 166\,200 + 22.300 - 171.000 = +17\,400$$

Um valor aproximado da raiz será $x = 50 + \frac{25.800}{43.200} \times 5 = 53$; x^3 varia mais ràpidamente do que 405,7 x, e escreveremos

$$x = \sqrt[3]{171.089 - 405{,}7\ x}$$

Para $x_1 = 53$ vem $x = \sqrt[3]{171.089 - 21{,}502} = 53{,}1$

$x = 53{,}1$ $\quad x = \sqrt[3]{171.089 - 21{,}543} = 53{,}08$

$x = 53{,}08$ $\quad x = \sqrt[3]{171.089 - 21{,}532} = 53{,}08$

$$f\ (16) = 12{,}288 + 64\,000 - 80.000 = -\ 3.712$$

$$f\ (17) = 14{,}739 + 72.250 - 80.000 = \quad 6.989$$

Será aproximadamente $x = 16{,}35$, e como $250\ x^2$ varia mais ràpidamente que $3\ x^3$, façamos

$250\ x^2 = 80.000 - 3\ x^3$ ou $x = \frac{1}{5}\sqrt{8.000 - 0{,}3\ x^3_1}$

Para $x_1 = 16{,}35$, vem $x = \frac{1}{5}\sqrt{8.000 - 0{,}3 \times 16{,}35^3} = 16{,}36$

4.º Exemplo — Resolver a equação $e^x - 2x - 1 = 0$, em que $e = 2{,}718$. Teremos:

$$f\ (1) = 2{,}62 - 2 - 1 = -\ 0{,}28; \quad f\ (2) - 7{,}40 - 4 - 1 = 2{,}40$$

e aproximadamente $x = 1{,}1$; como e^x varia mais ràpidamente do que $2x$, isolemos no 1.º membro e^x $e^x = 2x + 1$ ou $x = 2{,}303 \log (2\ x_1 + 1)$. Virá, para

$x_1 = 1{,}1$	$x = 2{,}303 \log 3{,}2 = 1{,}173$
$x_1 = 1{,}173$	$x = 2{,}303 \log 3{,}346 = 1{,}208$
$x_1 = 1{,}23$	$x = 2{,}303 \log 3{,}46 = 1{,}242$
$x_1 = 1{,}25$	$x = 2{,}303 \log 3{,}50 = 1{,}253$
$x_1 = 1{,}253$	$x = 2{,}303 \log 3{,}510 = 1{,}256$

5.º Exemplo — Resolver a equação $x^3 + 1 - \operatorname{tg} x = 0$

Teremos $f\ (1) = 2 - 1{,}54 = 0{,}46$ $f\ (1{,}4) = 3{,}75 - 5{,}14 = -\ 1{,}39$ $x = 0{,}46 + \frac{0{,}46}{1{,}85} \times 0{,}4 = 1{,}25$; tg x varia mais ràpidamente do que x^3 e vem para

$x_1 = 1{,}25$	$\operatorname{tg} x = 1{,}25^3 + 1 = 2{,}9532$	$x = 1{,}244$
$x_1 = 1{,}244$	$\operatorname{tg} x = 1{,}244^3 + 1 = 2{,}9250$	$x = 1{,}241$
$x_1 = 1{,}241$	$\operatorname{tg} x = 1{,}241^3 + 1 = 2{,}9100$	$x = 1{,}239$
$x = 1{,}239$	$\operatorname{tg} x = 1{,}239^3 + 1 = 2{,}9020$	$x = 1{,}239$

6.º Exemplo — Resolver a equação $f(x) = \frac{1}{\sqrt{16 - x^2}} + \frac{1}{\sqrt{36 - x^2}} - 1 = 0$

Virá $f(3{,}9) = \frac{1}{\sqrt{0{,}79}} + \frac{1}{\sqrt{20{,}79}} - 1 = 1{,}125 + 0{,}219 - 1 = 0{,}344$

$$f(3{,}7) = \frac{1}{\sqrt{2.31}} + \frac{1}{\sqrt{22{,}31}} - 1 = 0{,}658 + 0{,}212 - 1 = 0{,}130$$

Como a 1.ª parcela varia mais ràpidamente do que a 2.ª teremos

$$\frac{1}{\sqrt{16 - x^2}} = 1 - \frac{1}{\sqrt{36 - x_1^2}} \quad \text{sendo aproximadamente} \quad x = 3{,}76$$

Virá

$$x_1 = 3{,}76 \quad \frac{1}{\sqrt{16 - x^2}} = 1 - \frac{1}{\sqrt{21{,}86}} = 0{,}7861 \quad x = \sqrt{16 - 1{,}272^2} = 3{,}793$$

$$x_1 = 3{,}793 \quad \frac{1}{\sqrt{16 - x^2}} = 1 - \frac{1}{\sqrt{21{,}62}} = 0{,}7849 \quad x = \sqrt{16 - 1{,}275^2} = 3{,}793$$

7.º *Exemplo* — Resolver a equação $x^4 + 530{,}6\,x - 3.382{,}6 = 0$

Este exemplo apresenta um caso em que o método não conduz a um resultado bem definido. Teremos, anàlogamente aos casos anteriores,

$$f\,(5) = 625 + 2.653 - 3.383 = -\ 105$$
$$f\,(6) = 1.296 + 3.184 - 3.383 = +\ 1{,}097$$

sendo aproximadamente $x = 5 + \dfrac{105}{105 + 1.097} = 5{,}087$. A variação de x^4 é maior do que a de $530{,}6\,x$, escrevendo-se $x = \sqrt[4]{3.382{,}6 - 530{,}6\,x_1}$.

Para $x_1 = 5{,}087 \quad x = \sqrt[4]{3.382{,}6 - 2.700} = 5{,}112$

$x_1 = 5{,}112 \quad x = \sqrt[4]{3.382{,}6 - 2.713} = 5{,}087$ e assim sucessivamente sem se verificar convergência. A média dos dois valores $\dfrac{5{,}087 + 5{,}112}{2} = 5{,}10$ é uma raiz da equação.

BIBLIOTECA
FICHEIRO

Classificadores responsáveis:

Carlos Nogueira Martins, Fernando Eduardo Rebelo Simões, José Manuel de Freitas Cruz, João Pedro Antunes Gomes e João Armando Costa Marques.

Recortar as indicações bibliográficas que formam uma ficha e estão encimadas por C. D. *(classificação decimal)*.

Colar cada referência num pequeno rectângulo de cartolina com 75 × 125 mm..

Ordenar pelos índices decimais, *começando da esquerda para a direita*, independentemente do número de algarismos que o índice contiver.

Consultar, em casos duvidosos, a exemplificação inserida na «Técnica» n.º 218 e seguintes, ou recorrer à Biblioteca da A. E. I. S. T..

Notar que a inserção das fichas nesta publicação respeita a ordem correcta, no intuito de a esclarecer o mais possível.

A comodidade de possuir no próprio local de trabalho um arquivo ordenado e de fácil consulta sobre assuntos que se sabe onde existem, é uma das evidentes vantagens de um ficheiro de Classificação Decimal.

Os assuntos de que estas fichas são referência ficam patentes à consulta a partir desta data.

LIVROS

C. D. 535.24

Unités et Mesures Photométriques.
Soc. pour le Perfectionement de l'Éclairage, 1934, vol. 1, pág. 90.

C. D. 621.13 (02)

Manuel de l'Ingénieur de locomotives.
Henschel & Sohn Cassel, vol. 1, pág, 90.

C. D. 621.3

Manual para o montador electricista — *Ehrenfried Pfeiffer.*
A. F. G., 1885, vol. 1, pág. 350.

C. D. 621.3

Primeiros princípios de electricidade industrial — *Paulo Janet.*
Gauthier-Vilars, vol. 1, pág. 269.

C. D. 621.3 (017.3) : [64 + 621.7]

L'électricité au ménage e l'Atelier.
A. E. G. — Union Électrique, vol. 1, pág. 224.

C. D. 621.3 (02)

Aide — mémoire de Poche de l'Électricien — *Ph. Ricard et A. David.*
Libraire Polytecnique ch. Bèranger, Éditeur, 1910, vol. 1, pág. 850.

C. D. 621. 3 (006.2) SIEMENS

Manual Siemens. Instalaciones eléctricas para Luz y Fuerza — *P. Steru.*
Siemens Schuckert — Industria Electrica, 1925, vol. 1. pág. 234.

C. D. 621. 3 (006.2) A E G

Manuel Pratique pour les instalations électriques de Force et lumiere.
Allgemeine Elektricäts Gesellschaft, 1931, vol. 1, págs. 460.

C. D. 621.314.2

Transformateurs — *R. Carton et P. Dumartin.*
Armand Colin, 1936, vol. 1, págs. 216.

C. D. 621.315/6

Transport de l'électricitè — *René Couffon.*
Armand Colin, 1926, vol. 1, págs. 215.

C. D. 621.316 (003)

Normas de segurança.
A Iluminante, 1939, págs. 34.

C. D. 621. 326/7:628.9

Les Lampes elèctriques.
Société pour le perfectionnement de l'Eclairage, 1937, vol. 1, págs. 30.

C. D. 621.357

Électro-Chimie — *Minet.*
Masson, 1902, vol. 1, págs. 170.

OFICINAS E LABORATÓRIOS

DO

INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

As oficinas pedagógicas do Instituto Superior Técnico, de CARPINTARIA DE MOLDE, de INSTRUMENTOS DE PRECISÃO e de ELECTROTÉCNICA, fornecem todo o género de material escolar e de demonstração para o ensino técnico. Nos laboratórios de QUÍMICA ANALÍTICA, FÍSICA INDUSTRIAL E DE MINERALOGIA executam-se análises para o público

Para quaisquer informações, dirigir-se ao secretário da comissão executiva

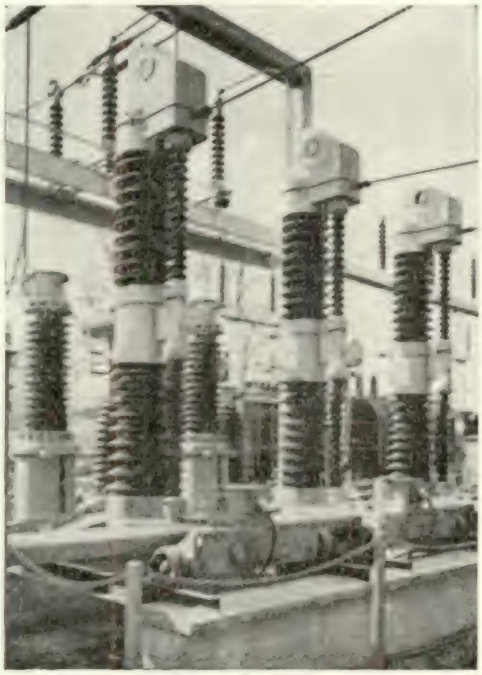
ELIN

AKTIENGESELLSCHAFT FUR ELEKTRISCHE INDUSTRIE

VIENA — ÁUSTRIA

Fabricantes e instaladores de:

Equipamentos eléctricos para alta e baixa tensão — Geradores — Redes de distribuição de energia — Centrais térmicas e hidroeléctricas — Transformadores — Motores — Disjuntores — Arrancadores — Equipamentos de soldadura manual e automática — Material para tracção eléctrica — Material para iluminação — Rectificadores de mercúrio



Disjuntor a pequeno volume de óleo, tensão de serviço 110 KV., alto poder de rotura (licença de V&H, com câmara de extinção sistema ASEA)

REPRESENTANTES:

SOC. COM. CROCKER DELAFORCE & C.ª, S. A. R. L.

Rua D. João V, 2-2.º — LISBOA

C. D. 621.357

Precis d'electrochimie et d'electrometallurgie — *L. Guillet.*
J. B. Bailliere, 1903, vól. 1, págs. 350.

C. D. 621.357 + 621.367

Electro-Metallurgie — *Ad. Minet.*
Masson, vol. 1, págs. 187.

C. D. 621.365

Les fours electriques et leurs applications - *Ad. Minet.*
Gauthier Villars, vol. 1, págs. 172.

C. D. 621.64 (02)

Hauts Fourneaux et Fonderies de Pout-a-Mousson.
Vol. 1, págs. 408.

C. D. 621.744 : 669

Shell moulding.
The machinery Publishing Co. Ltd. — n.º 34, vol. 1' págs. 94.

C. D. 621 — 585.126

Epicyclic gearing — *W. Brown.*
The machinery publishing Co. Ltd — n.º 33, vol' 1, págs. 46.

C. D. 621.888.4 : 741

Graphical Spring Design.
The machinery publishing Co. Ltd., vol. 1, págs. 64.

C. D. 628.9

L'Éclairage de la Ferme.
Société pour le perfectionnement de l'Eclairage, 1935, vol. 1, págs. 20.

C. D. 628.9

Sachez vous eclairer.
Société pour le perfectionnement de l'Eclairage 1937, vol. 1, págs. 24.

C. D. 628.9

L'éclairage de la route.
Société pour le perfectionnement de l'Eclairage 1937, vol. 1, págs. 20.

C. D. 628.9

Installations d'Éclairage.
Société pour le perfectionnement de l'Eclairage, 1936, vol. 1, págs. 71.

C. D. 628.9

L'Éclairage des habitations.
Société pour le perfectionnement de l'Eclairage, 1937, vol. 1, págs. 24.

C. D. 628.9

Sachez éclairer vos magasins.
Société pour le perfectionnement de l'Eclairage, 1937, vol. 1, págs. 16.

C. D. 628.9

Ménagez votre vue.
Société pour le perfectionnement de l'Eclairage, 1937, vol. 1, págs. 16.

C. D. 628.93 (004)

Projects d'Eclairage.
Société pour le perfectionnement de l'Eclairage, 1934, vol. 1, págs. 100.

C. D. 628.952/3

Réflecteurs et Diffuseurs.
Société pour le perfectionnement de l'Eclairage, 1934, vol. 1, págs. 120.

C. D. 628.972 : 729

L'Éclairage et la décoration.
Société pour le perfectionnement de l'Eclairage, 1936, vol. 1, págs 60.

C. D. 628.972.6

L'Éclairage des Ateliers.
Société pour le perfectionnement de l'Eclairage, 1934, vol. 1, págs. 93.

C. D. 628.974.7

Enseignes et publicité lumineuses.
Société pour le perfectionnement de l'Eclairage, 1935, vol. 1, págs. 112.

C. D. 8

Cândido ou Optimismo — *Voltaire.*
Editorial Crisos, 1946, vol. 1, págs. 176.

C. D. 8 (469) (04)

Para a história da cultura em Portugal (Ensaios) — *Antônio José Saraiva.*
Centro Bibliográfico, vol. 1, págs. 240.

C. D. 8 (81)

Panorama do movimento simbolista brasileiro — *Andrade Muricy.*
Departamento de Imprensa Nacional, 1952, vol. 2, págs. 772.

ARTIGOS DE REVISTAS

C. D. 331 : 159.9

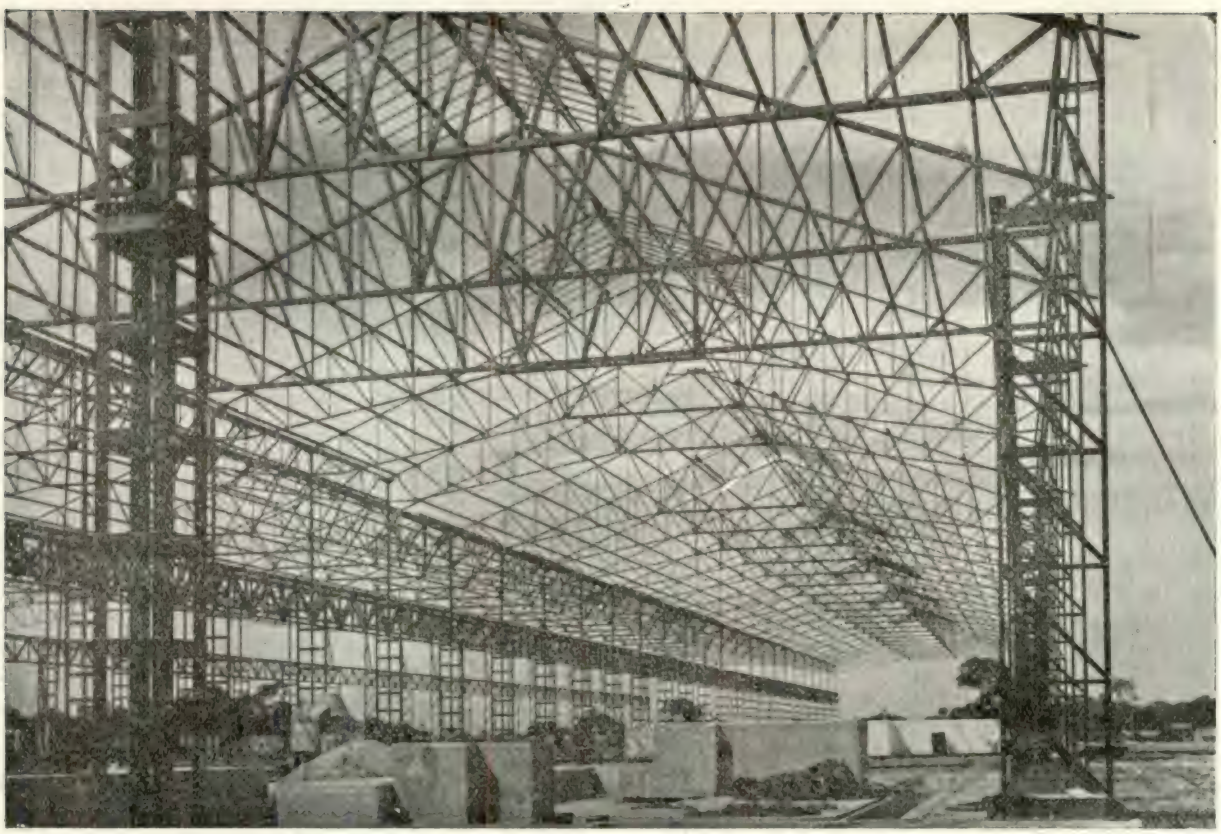
Productividad y psicologia — *M. Rojas de Morales.*
Dyna, 11, 1933, vol. 28, n.º 11, pág. 370-1.

C. D. 37

Consideraciones acerca de una posible ley de formación profesional — *F. Lastra*
Dyna, 11, 1953, vol. 28, n.º 11, pág. 353-5.

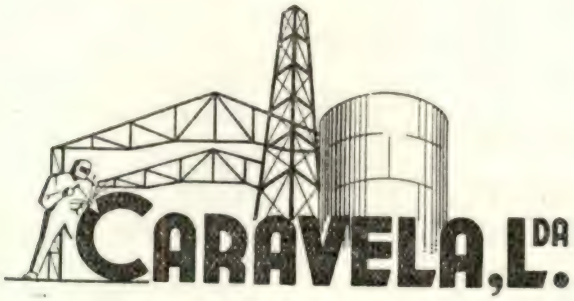
C. D. 533·68

Landing the Victor.
The Aeroplane, 18-12-953, vol. 85, n.º 2213, pág. 850.



Vista da nave das máquinas das instalações da Lusalite em África
Executada pela Fábrica Metalúrgica e Construtora CARAVELA, LTD.ª (Antiga OMES)

FÁBRICA METALURGICA E CONSTRUTORA



Nesta oficina executam-se também outros trabalhos; como:

Reservatórios, estruturas metálicas para aparelhos de elevação, postes metálicos, condutas metálicas, pontes metálicas, etc.

Sede: Avenida Infante D. Henrique — Talhão 10 — LISBOA

Telef. 399008 / 399480

C. D. 621.43.002 21

Automatic Engine Assembly.
The Aeroplane, 15-1-954, vol. 86, n.º 2217, pág. 68.

C. D. 621.43/8.001.5 (485)

Engine research in Sweden.
The Aeroplane, 8-1-954, vol. 86' n.º 2216, pág. 44-5.

C. D. 629.12

En los trasatlánticos de tipo anticuado en período de plana explotatión, cueste más el suministro de água para sus passageros y tripulantes, que la comida que se les proporciona — *J. Tellaeche.*
Dyna, 11, 1953, vol. 28, n.º 11, pág. 345-52.

C. D. 629.13.012 : 620.1 + 629.13.015

Towards greater flexibility — Le Baroudeur — *James Hay Stevens.*
The Aeroplane, 1-1-954, vol. 86, n.º 2215, pág. 11-6.

C. D. 629.13.002.21 (42)

Production Engineers at Southampton.
The Aeroplane, 25-12-953 e 1-1-954, vols. 85 e 86, n.º 2214 e 2215, págs. 858-9 e 17-8.

C. D. 629.13.014

Short's aero-isoclinic Sherpa.
The Aeroplone, 18-12-953, vol. 85, n.º 2213, pág. 843-6

C. D. 629.13.014 : 666.9

Wings in prestressed concrete — *Georges Bruner.*
The Aeroplane, 15-1-954, vol. 86, n.º 2217, pág. 77-7.

C. D. 666.9 : 629.13.014

Wings in prestressed concrete — *Georges Bruner.*
The Aeroplane, 15-1-954, vol. 86, n.º 2217, pág. 72-7.

C. D. 312

Pow un équilibre Vie rural — Vie urbaine — *Raymond Bessurier.*
Urbanisme, 1953, n.º 29-30, pág. 188.

C. D. 33 : 62

Los ingenieros y la economia — *M. Rojas Morales.*
Dyna, 10, 1953, vol. 28, n.º 10, pág. 324-5.

C. D. 331

O incremento da produtividade e as relações humanas no trabalho.
Indústria Portuguesa, 4, 1953, vol. 26, n.º 302, pág. 111-2.

C. D. 331 (73)

La evolución de la productividad y de los salários en U. S. A. — *M. Rojes Morales.*
Dyna, 10, 1953, vol. 28, n.º 10, pág. 325-7.

C. D. 378

Congreso internacional sobre la formacion del Ingeniero.
Informes de la Construccion, 8-9-953, n.º 53.

C. D. 533.6.65 : 629.13.014

High maximum lift — *G. H. Lee*
The Aeroplane, 30-10-953 e 6-11-953, vol. 85, n.º 2206-7, págs. 603-8 e 634-7.

C. D. 539.1 : 620.9

La produción de energia nuclear — *J. M. Pertierre.*
Ion, 10, 1953, vol. 13, n.º 147, pág. 562-75.

C. D. 541.2

Acerca del água pesada.
Dyna, 10, 1953, vol. 28, n.º 10 pág. 323.

C. D. 544.6 : 546.28 : 666.94

La dosificación espectrofotomètrica de la silice en las primeras matérias y productos de las fábricas de cemento — *G. Batta e H. Lecoq.*
Cemento-Hormigon, 10, 1953, vol. 19, n.º 235, pág. 327-33.

C. D. 545.3

Use of perchloric acid in electro chemical analysis — G. Norwitz.
Metallurgia, 11, 1953, vol. 48, n.º 289, pág. 257-8.

26 referências bibliográficas.

C. D. 545.8 : 546. 46 : 669.71

A rapid compleximetric method for the determination of magnesium in aluminium alloys — *J. C. Sergeant.*
Metallurgia, 11, 1953, vol. 48, n.º 289, pág. 261-2.

6 referências bibliográficas.

C. D. 553.96 : 677

Berodina o la turba como matéria téxtil — *J. B. Puig.*
Revista Industrial y Fabril, 11, 1953, vol. 8, n.º 86, pág. 639-43.

C. D. 62 + 66/9

Los problemas de la indústria en la guerra — *F. H. Cangas.*
Revista Industrial y Fabril, 10, 953, vol. 8, n.º 85, pág. 589-92.

C. D. 62 + 66/9 (4

El futuro industrial de europa — *A. D. Ortiz.*
Revista Industrial y Fabril, 10, 1953, vol. 8, n.º 85, pág. 582-8.

10 referências bibliográficas.

C. D. 62 : 33

Los ingenieros y la economia — *M. Rojas Morales.*
Dyna, 10, 1953, vol. 28, n.º 10, pág. 324-5

C. D. 620.19

En torno a los ensayos de corrosión metálica — *F. G. Toledo.*

Revista Industrial y Fabril, 10, 1953, vol. 8, n.º 85, pág. 592-4.

C. D. 620.9 : 539.1

La produción de energia nuclear — *J. M. Pertierra.*

Ion, 10, 1953, vol. 13, n.º 147, pág. 567-75.

C. D. 621.209 (72)

Mexico builds big Dam-Canal-Tunnel System — *Masy Saint Albaus.*

Excavating Engenier, 8, 1953, vol. 47, n.º 8, pág. 26.

C. D. 621.24

Turbinas Francis o Pelton? — *Ch. Weingart.*

Revista Industrial y Fabril, 3, 1953, vol. 8, n.º 94, pág. 520-8.

C. D. 621.314.2

Un gran transformador por las carreteras españolas — *E. Paradinas e J. L.º Antepara.*

Dyna, 10, 1953, vol. 28, n.º 10, pág. 305-8.

C. D. 621.33

Une locomotive qui remorque 3000 tonnes — *R. M.*

Science et Vie, 12, 1953, vol. 84, n.º 435, pág. 557-8

C. D. 621.33

Une locomotive qui remorque 3000 tonnes.

Science et Vie, 12, 1953, vol. 84, n.º 435, pág. 556-58.

C. D. 621.35.035.2 + 666.76

Carbon in the engineering and metallurgical industries IV — Refractories, electrodes and other metallurgical uses — *V. S. Kingswood.*

Metallurgia, 11, 1953, vol. 48, n.º 289, pág. 221-7.

21 referências bibliográficas.

C. D. 621.357.6

Galvanizacion (II parte) — *M. Romero e E. Labarta.*

Ion, 10, 1953, vol. 13, n.º 147, pág. 576-82.

C. D. 621.397

Le téléviseur universal n'est pas reádisable aujourd'hui.

Science et Vie, 12, 1953, vol. 84, n.º 435, pág. 521.

C. D. 621.438

A fuel-air turbine starter.

The Aeroplane, 11-12-953, vol. 85, n.º 2212, pág. 796-8.

C. D. 621.5

Sur Paris distribue la forme d'énergie la moins chère: d'air comprimé.

Science et Vie, 12, 1953, vol. 84, n.º 435, pág. 553-56.

C. D. 621.438

More about the J 57.

Detalhes do turboreactor Pratt and Whitney J 57.

The Aeroplane, 27-11-953, vol. 85, n.º 2210, pág. 716-7.

C. D. 621.438 : 629.13

Small jets for performance boosting.

The Aeroplane, 6-11-953, vol. 85, n.º 2207, pág. 628-9.

C. D. 621.438.001.4 (42)

Compressor testing at Anstry.

The Aeroplane, 13-11-953, vol. 85, n.º 2208, pág. 658-63

C. D. 621.5

Seul Paris distribue la forme d'énergie la moins chère: l'air comprimé — *R. J. Forbin.*

Science et Vie, 12, 1953, vol. 84, n.º 435, pág. 553-6.

C. D. 621.822 : 669.018 : 669.2/4

The development of a Copper-Silver-Lead Alloy for Bearings — *G. Llewelyn.*

Metallurgia, 11, 1953, vol. 48, n.º 289, pág. 215-220.

8 referências bibliográficas.

C. D. 621.85 : 537.2

El problema de las cargas electostáticas en las transmisiones por correas — *P. L. Lecuona.*

Revista Industrial y Fabril, 4, 1953, vol. 8, n.º 86, pág. 636-8.

C. D. 622.36

How London Brick Mines Clay — *Edmund Updale.*

Excavating Engineer' 7, 953, vol. 47, n.º 7, pág. 32.

C. D. 624.012.47 : 725.35

Tesado singular de armaduras en tubos y depositos cilindricos de hormingon pretensado — *Giovanni Touruon.*

Informes de la Construccion, 8-9-953, n.º 53.

C. D. 624.073.7

Membranas elásticas con solo presiones en su interior — *Juan Angé.*

Informes de la Construccion, 10, 1953, n.º 54.

C. D. 624.134

Swamp, Rocks Yield Tranch to 1 Y2-yd. Machines.

Excavating Engineer, 10, 1953, vol. 47, n.º 10, pág. 12.

C. D. 624.159.11.012.47

Bancada de hormigon pretensado para un martillo pilon construida por el metodo Prepakt a prueba de vibraciones — *Alden M. Klein* e *T. H. A. Crockett.*

Informes de la Construccion, 7-9-953, n.º 53.

C. D. 624.191.2

Construcción de um túnel empleando la entibación por suspensión — *Henry T. Fesez.*

Informes de la Construccion, 10, 1953, n.º 54.

Fábrica Portugal

S. A. R. L.

LISBOA

MOBILIÁRIO METÁLICO

EM TODOS OS GÉNEROS

Instalações completas para :

Mobiliário moderno
para

ESCRITÓRIOS
ESCOLAS
BIBLIOTECAS

CLÍNICAS
HOSPITAIS
SANATÓRIOS
CINEMAS
HOTÉIS
ESPLANADAS

SALAS DE EXPOSIÇÕES :

Rua Febo Moniz, 2 a 20 — Praça dos Restauradores, 49 a 57
Avenidas da República e Elias Garcia — Rua da Graça, 82 e 84

C. D. 624.21.012.4 (7/8)

Los puentes de hormigón de mayores luces de América — *Eugene Freyssinet.*
Informes de la Construccion, 10, 1953, n.° 54.

C. D. 624.624 (87)

Los tres viadutos de la autopista Casacas-La Guaisa.
Informes de la Construccion, 10, 1953, n.° 54.

C. D. 624.92 : 725.35/36

Silo coronado por un depósito de água para las Cervezerías Tuborg — *B. Dehlholm.*
Informes de la Construccion, 10, 1953, n.° 54.

C. D. 625.711.3 (87)

La autopista Casacas-La Guaira.
Informes de la Construccion, 10, 1953, n.° 54.

C. D. 625.712.63.035

Chicago Tries Under-Park Parking
Excavating Engineer, 7-1953, xol. 47, n.° 7, pág. 18.

C. D. 625.74. (100)

La unificacion mundial de la señalizacion de carreteras
Informes de la Construccion, 7-9-953, n.° 53.

C. D. 626 82.002.5

Machines para canal costs.
Excavating Engeneer, 10, 1953, vol. 47, n.° 10, pág. 20.

C. D. 625.84.004.6

Reparacion de firmes de hormigon con inyecciones de suelo-cemento — *C. Kempt* e *W. J. Walsh.*
Informes de la Construccion, 7-9-953, n.° 53.

C. D. 626.82

Revestimentos de tierra compactada en el canal Delta--Mendota — *Chester W. Jones.*
Informes de la Construccion, 8-9-953, n.° 53.

C. D. 627.824.3 : 624.131.438

Compactage des grands massifs en terre. Quelques aspects particuliers de la question — *Toth.*
La Téchnique Moderne — Construction, 10, 1953, vol. 8, n.° 10, pág. 823-328.

C. D. 627.824.3 (73)

Palisades Dam — Battle at Calamity Point — *Ray Day.*
Excavating Engineer, 9, 1953, vol. 47, n.° 9, pág. 18.

C. D. 628.33

La nueva estacion depuradora de aguas fecales de Viena — *Wilhelm Schmidt.*
Informes de la Construccion, 10, 1953, n.° 54.

C. D, 628.33/35 + 628.38

Nueva estacion de depuracion de aguas negras de la ciudade de Los Angeles — *G. A. Pabkes.*
Informes de la Construccion, 10, 1953, n.° 54.

C. D. 628.36

L'anainissement individuel — *Raoul Puget.*
Urbanisme, 1953, n.os 29-30, pág. 250.

C. D. 628.394

Contaminacion de los rios — *Rolf Eliassen.*
Informes de la Construccion, 10, 1953, n.° 54.

C. D. 629.113.002.21

L'usine sans ouvriers exécute 530 opérations sur chacun des 9000 moteurs qu'elle sort chaque jour — *André Bouju.*
Science et Vie, 12, 1953, vol. 84, n.° 435, pág. 526-31.

C. D. 629.113.002.21

L'usine sans ouvriers exécute 530 opérations sur chacun des 9000 moteurs qu'elle sort chaque jours.
Science et Vie, 12, 1953, vol. 84, n.° 435, pág. 526-31.

C. D. 629.12

Un engin de propulsion que rien n'entrave, le réacteur aquatique «Hydrojet» — *Christian Tavard.*
Science et Vie, 12, 1953, vol. 84, n.° 435, pág. 505-7.

C. D. 629.13.001.4

Flight-testing the Boeing B-47 B.
The Aeroplane, 11-12-953, vol. 85, n.° 2212, pág. 790-1.

C. D. 629.13.002.21 (492)

Aeronautical Activity in Holland — *J. V. Hattum.*
The Aeroplane, 6-11-953, vol. 85, n.° 2207, pág. 638-40.

C. D. 629.136.3

L'aviation est-elle menacée par le prodigieux developpement des engines téléguidés ?
Science et Vie, 12, 1953, vol. 84, n.° 435, pág. 497.

C. D. 629.136.3

L'aviation est-elle menacée par le prodigieux développement des engins téléguidés ? — *Camille Rougeron.*
Science et Vie, 12, 1953, vol. 54, n.° 435, pág. 497-504.

C. D. 629.139

B. E. A.'s new permanent dock.
The Aeroplaee, 4-12-953, vol. 85, n.° 2211, pág. 762-6.

C. D. 629,15 : 624.012.47

Fondations en béton précontraint pour un marteau pilon de grande puissance — *J. M.*
La Technique Monerne — Construction, 10, 1953, vol. 8, n.° 10, pág. 329-332.

C. D. 631.83/4 : 661.31

El nitrato potasico fertilizante — *L. A. Fernandez.*
Revista Industrial y Fabril, 10, 1953, vol. 8, n.° 83, pág. 576-80.

Standard Electrica

ASSOCIADA

DA

"INTERNATIONAL TELEPHONE & TELEGRAPH CORPORATION"

PROJECTOS — FORNECIMENTOS — INSTALAÇÕES

— Material de radiocomunicações para todas as aplicações em média, alta, muito alta e ultra-alta frequência;

— Equipamentos de radiodifusão e televisão e respectivo material de estúdio e acessórios;

— Sistemas de antenas para aplicações gerais e especiais para radiocomunicações, radiodifusão e televisão;

— Instalações de comutação telefónica, manuais e automáticas, de todos os sistemas e capacidades. Sistemas de comunicações por fios em altas frequências;

— Materiais de transmissão telegráfica automática, por fios e por rádio;

— Sistemas de sinalização e de comando, automáticos e manuais, intercomunicadores, amplificadores e aparelhagem acessória;

— Cabos e acessórios de todos os tipos, para energia, comunicações e altas frequências;

— Rectificadores de selénio de tipos especiais e gerais para todas as aplicações.

●

Serviços Técnicos, Comerciais e Fábrica

NA AVENIDA DA INDIA — **LISBOA**

TEL. 38171/6

telefones · radio · cabos

C. D. 66.023 : 664 : 669.24

Les problèmes de resistence à la corrosion dans les industries alimentaires et les alliages de nickel.

Revue du Nickel, 10, 11 e 12, 1953, vol. 19, n.º 4, pág. 92-8.

C. D. 66/9 + 62

Los problemas de la industria en la guerra — *F. A Cangas.*

Revista Industrial y Fabril, 10, 1953, vol. 8, n.º 85, pág. 580-92.

C. D. 66/9 + 62 (4)

El futuro industrial de Europa — *A. D. Ortiz.*

Revista Industrial y Fabril, 10, 1953, vol. 8, n.º 85, pág. 582-8.

10 referências bibliográficas.

C. D. 661.31 : 631.83/4

El nitrato potasico fertilizante — *L. A. Fernandez.*

Revista Industrial y Fabril, 10, 1953, vol. 8, n.º 85, pág. 576-80.

C. D. 662.743

Processo de hidrogenatión del carbón.

Revista Industrial y Fabril, 10, 1953, vol. 8, n.º 85, pág. 597-9.

C. D. 663.2 : 679.57

Un nouveau bouchon à champagne en Polyéthylène.

Industrie des Plastiques Modernes, 11, 1953, vol. 5, n.º 9, pág. 6-7.

C. D. 664 : 66.023 : 669.24

Les problèmes de resistence à la corrosion dans les industries alimentaires et les alliages de nickel.

Revue du Nickel, 10, 11 e 12, 1953, vol. 19, n.º 4, pág. 92-8.

C. D. 665.5 [621.438]

The turbine fuel problem.

The Aeroplane, 30-10-953, vol. 85, n.º 2206, pág. 613-4.

C. D. 665.5 [629.13]

What happens to the dissolved water in aviation fuels ? — *A. B. Crampton, R. F. Finn* e *J. J. Kolfenbach.*

Esso Air World, 9 e 10, 1953, vol. 6, n.º 2, pág. 35-41.

C. D. 666.76

Impostazioni tecnologiche suggerité dagli attuali orientamenti nell'impiego dei refrattari — *F. de Carli.*

La Metallurgia Italiana, 10, 1953, vol. 45, n.º 10, pág. 355-62.

23 referências bibliográficas.

C. D. 666.76 + 621.35.035.2

Carbon in the engineering and metallurgical industries. IV — Refractories, electrodes and other metallurgica uses — *V. S. Kingswood.*

Metallurgia, 11, 1953, vol. 48, n.º 289, pág. 221-7.

21referências bibliográfica

C. D. 666.942 : 66.041

Experiencias sobre la fabricación de cemento Portland con fuel-oil nacional como combustible de horno — *J. M. F. Maluquer.*

Cemento-Hormigon, 10, 1953, vol. 19, n.º 235, pág. 322-6.

C. D. 669.0

Le fasi di hume-rothery nelle leghe a piú di due componenti — *F. Mazzoleni.*

La Metallurgia Italiana, 10, 1953, val. 45, n.º 10, pág. 363-73.

C. D. 669.016 : 537.531

Micrografia Roentgen — *E. A. W. Mueller.*

La Metallurgie Italiana — Atti notizie, 10, 953, vol. 45, n.º 10, pág. 305-10.

29 referência bibliográfica.

C. D. 669.018

Attualità nelle applicazioni del rame — *P. Lombardi.*

La Metallurgia Italiana, 10, 953, vol. 45, n.º 10, pág. 374-86.

C. D. 669.018 (73/9)

Les moulages d'alliages résistant à chaud aux États-Unis : proprietés et utilisations — *G. F. Geiger.*

Revue du Nickel, 10, 11 e 12, 953, vol. 19, n.º 4, pág. 79-89.

C. D. 674.83 : 54

Química da cortiça — *B. de Mesquita.*

Boletim da Junta Nacional da Cortiça, 9, 953, vol. 15, n.º 179, pág. 310-11.

C. D. 679.57 : 668.46

L'abiétate de Vinyle — Préparatiou, polymérisation et copolymérisation — *G. Brus, Le-Vau-Thoi, S. Fargeandoux.*

Industrie des Plastiques Modernes, 9 e 10, 953, vol. 5, n.º 8, pág. 51-55.

C. D. 677 : 553.96

Berodina o la turba como materia textil — *J. B. Puig.*

Revista Industrial y Fabril, 11, 953, vol. 8, n.º 86, pág. 639-43.

C. D. 678.7

Quimica del caucho — *A. G. Garcia — Gutierrez.*

Revista Industrial y Fabril, 9, 953, vol. 8, n.º 84, pág, 534-9.

C. D. 679.5

Le marquage des feuilles par haute fréquence — *J. Brandenburger.*

Industrie des Plastiques Modernes, 11, 953, vol. 5, n.º 9, pág. 30.

C. D. 679.5.002.5

La presse «Autoplas» Windsor 1044 et 2044.

Industrie des Plastiques Modernes, 11, 953, vol. 5, n.º 9, pág. 41-2.

O EMPREGO DO CIMENTO BRANCO...

permite acabamentos mais perfeitos, mais duradouros e muito mais económicos

Estude a vantagem do emprego do

CIMENTO BRANCO LUSO

Consulte os distribuidores gerais

No Sul: **SCIAL** — T. do Corpo Santo, 15 — Telef. 2 0464 — Lisboa
No Norte: **SCIAL** — R. do Bonjardim, 205 — Telef. 2 5779 — Porto

FÁBRICAS METALÚRGICAS

AUGUSTO MARTINS PEREIRA

SEDE EM:
ALBERGARIA-A-VELHA
Telefone 6 — P. P. C.
Telegramas: «ALBA»

ESCRITÓRIO EM LISBOA:
R. DOS CORREEIROS, 40-2.º-E.
Telefone 21319

FUNDIÇÕES DE FERRO E LIGAS NÃO FERROSAS

ARTIGOS SANITÁRIOS E DE COSINHA; APARELHAGEM VINÍCOLA; ACESSÓRIOS PARA CONDUTAS ADUTORAS E REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUAS; ARTIGOS PARA INSTALAÇÃO DE SANEAMENTO; APETRECHAMENTO PARA A INDÚSTRIA VIDREIRA; ARTIGOS PARA INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS; RECEPTÁCULOS POSTAIS DOMICILIÁRIOS

Para impermeabilizar terraços, paredes, fundações, etc.

CONTRA A HUMIDADE

FABRICA EM SACAVÉM

TELEFONES { 4 2651 / 4 2156 TELEG. EPALDA—LISBOA

MÁRMORES

aos melhores preços

Em todas as aplicações

A MAIOR PRODUÇÃO DO PAÍS

Pedidos à

Sociedade dos Mármores de Portugal, L.da

Rua de S. Domingos de Benfica, 63

LISBOA

Sociedade de Pesquisas, Captações de Água e Transportes, L.da

Porque todos preferem as Motoniveladoras Caterpillar

1) As motoniveladoras CATERPILLAR são fabricadas, exclusivamente, com peças CATERPILAR, enquanto outros fabricantes montam as suas motoniveladoras com peças de várias procedências.

A CATERPILLAR projecta e fabrica o motor, a transmissão, o comando final, os comandos mecânicos, a armação, o círculo, a barra de tracção e a lâmina.

(2) As motoniveladoras CATERPILLAR são equilibradas.

A CATERPILLAR projectou todos os seus modelos de motoniveladoras de modo a que o equilíbrio perfeito da força do motor, do peso e das velocidades de trabalho contribuam para aumentar a produção e diminuir o seu custo.

(3) As motoniveladoras CATERPILLAR duram muito.

Apesar de as primeiras motoniveladoras CATERPILLAR terem sido construídas há 22 anos, 99 % ainda trabalham.
Os possuidores dessas máquinas ainda beneficiam das vantagens da superior qualidade das suas máquinas, depois de 22 anos de trabalho útil.

(4) As motoniveladoras CATERPILLAR realizam muitas espécies de trabalho.

Além dos mais diversos e pesados serviços que, normalmente, podem ser executados pela MOTONIVELADORA CATERPILLAR, ela pode executar outros trabalhos utilizando os seguintes acessórios:

Alargador de estradas
Escarificador
Lâmina de «Bulldozer»
Elevador-carregador de terras

(5) Os Representantes da CATERPILLAR prestam bons serviços.

A função mais importante do Representante CATERPILLAR é prestar assistência técnica e fornecer sobressalentes genuínos para as máquinas CATERPILLAR que existem no País de que é Representante.
Ao comprar uma motoniveladora CATERPILLAR pode ter a certeza de que a SMEIA tem, ao seu dìpor, um «stock» adequado de sobressalentes e mecânicos hábeis e treinados para cuidar da sua máquina.

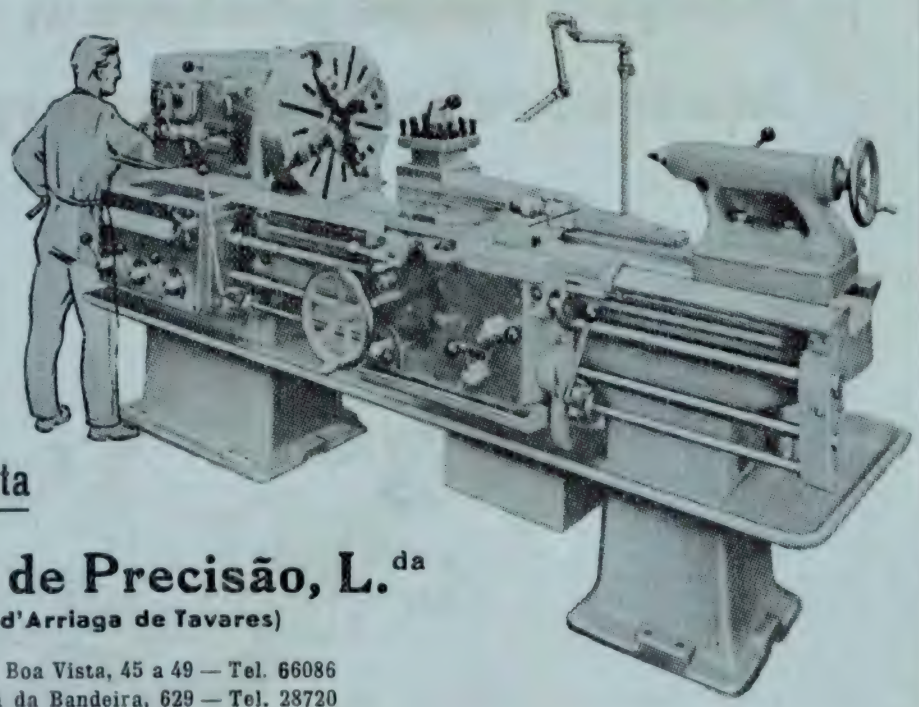
Se tem problemas de nivelamentos ou, em geral, de remoção de terras, peça à SMEIA para lhe proporcionar, no campo, uma demonstração com uma motoniveladora CATERPILLAR.

SMEIA

SOCIEDADE DE MECANIZAÇÃO INDUSTRIAL E AGRÍCOLA - S. A. R. L.
AVENIDA A, N.º 8, AREEIRO
LISBOA — PORTUGAL

MÁQUINAS FERRAMENTAS DE QUALIDADE

Tornos Paralelos
Limadores
Engenhos Radiais
Máquinas de Rectificar
Tornos Revólver
Frezas
Escateladores
Plainas
Mandriladoras



Entrega Imediata

Máquinas de Precisão, L.da

(Eng.º J. d'Arriaga de Tavares)

LISBOA: Rua da Boa Vista, 45 a 49 — Tel. 66086
PORTO: Rua Sá da Bandeira, 629 — Tel. 28720
LUANDA: Rua Restauradores de Angola, 68-1.º

Companhia União Fabril

Sede: Rua do Comercio, 49

LISBOA

O MAIOR AGRUPAMENTO INDUSTRIAL DA PENINSULA IBÉRICA

Fábricas em:
Alferrarede, Barreiro, Canas de Senhorim, Lisboa, Mirandela, Óbidos, Porto, Soure e Vila Nova de Gaia.

Superfosfatos, Sulfatos de Cobre, Enxofre, Sabões, Acidos, Oleos industriais e alimentares, Azeites, Torteame, Sacarias, Grossarias, Fios, Carpetes e Mangueiras.

Oficinas de:
Construções metalicas, Mecânica geral de Automoveis e Engrenagens

Fundição de:
AÇO, FERRO E OUTROS METAIS

Construção Naval

(Arrendataria do estaleiro naval da A. G. P. L.)

Metalurgia de Ouro e Prata — Refinação electrolítica

A ÚNICA
FÁBRICA QUE PRODUZ TODOS OS MATERIAIS
DE IMPERMEABILIZAÇÃO

ISOLITE

MASTIQUES
E
EMULSÕES
DE APLICAÇÃO A FRIO E A QUENTE

COLAS BETUMINOSAS
FIBROMASTIQUES
PLACAS BETUMINOSAS
FELTROS BETUMINOSOS
PAPÉIS ALCATROADOS
CHATTERTONS

Fábrica Nacional de Produtos Isoladores

Guedes & Santos Silva, Ltd.

R. de Pedrouços, 49 — Tel. 38 316 LISBOA

Material para terraplenagens

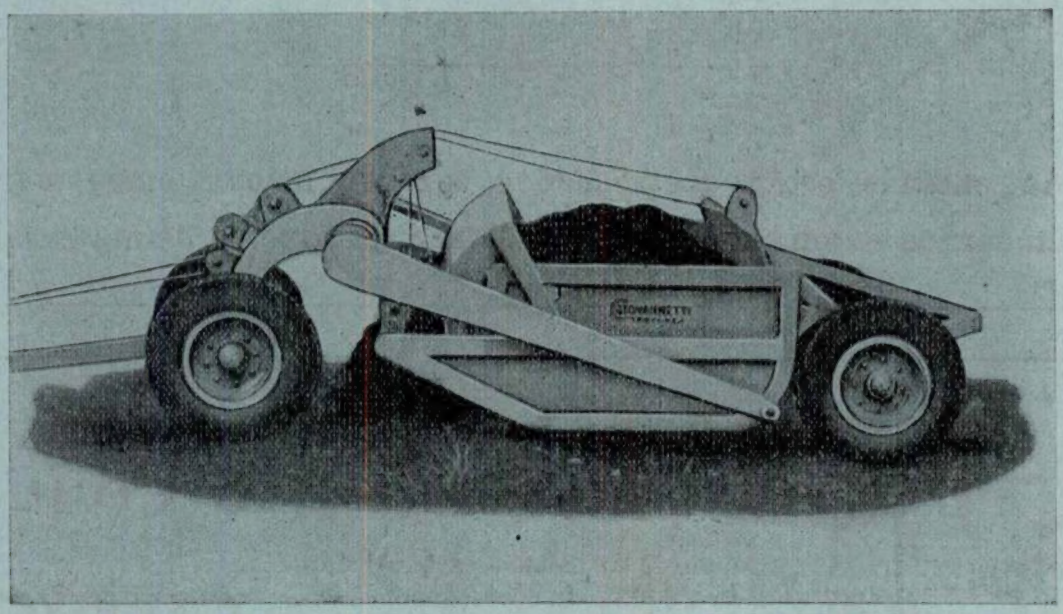
SCRAPERS

BULLDOZERS

RIPPERS

CILINDROS PÉS-DE-CARNEIRO

ETC.



EQUIPES PARA TRACTORES DE 50-70 E 140 HP

ENTREGAS RÁPIDAS

CONSULTE:

MONTEIRO GOMES, LIMITADA

Rua Cascais, 47 — LISBOA

Telef. 37083

PORTO — LUANDA

MANIL

EXPORTAÇÃO · IMPORTAÇÃO

Sede: **Paço d'Arcos** – Av. Voluntários da República – Tel. 262 P. A.

CONSTRUÇÃO CIVIL

SERRAÇÃO E CARPINTARIAS MECÂNICAS
MADEIRAS E TACOS TRATADOS

Depósitos: CASCAIS — ESTORIL
PAÇO D'ARCOS — PAREDE

As oficinas estão apetrechadas com os maquinismos mais modernos e com estufa para secagem e tratamento de madeiras

Uma grande marca Dinamarquesa

Recomendada para pintura de interiores e exteriores

Paredes

Muros

Frontarias de casas ou edifícios

e outras superfícies

NOVAS POSSIBILIDADES NA CONSTRUÇÃO CIVIL!

Depois de cuidadosos ensaios laboratoriais e práticos, apresentamos agora em Portugal tintas petrificantes especiais e hidrófugas que **RESISTEM A TUDO,** sendo laváveis e de fácil emprego

Pó que se mistura com água em 9 cores

PEDIR INFORMAÇÕES AOS

CEMPEXO

DE COR FIXA
DURA MAIS
RENDE MUITO

TELEF. 75057

DISTRIBUIDORES EM PORTUGAL

HENRIQUES & CASTRO, Lda.

AVENIDA CONDE DE VALBOM, 96

LISBOA

Empresa de Sondagens e Fundações

TEIXEIRA DUARTE, L.DA

PR. DA FIGUEIRA, 18. 3.°
TELEF. 3 2774

LISBOA

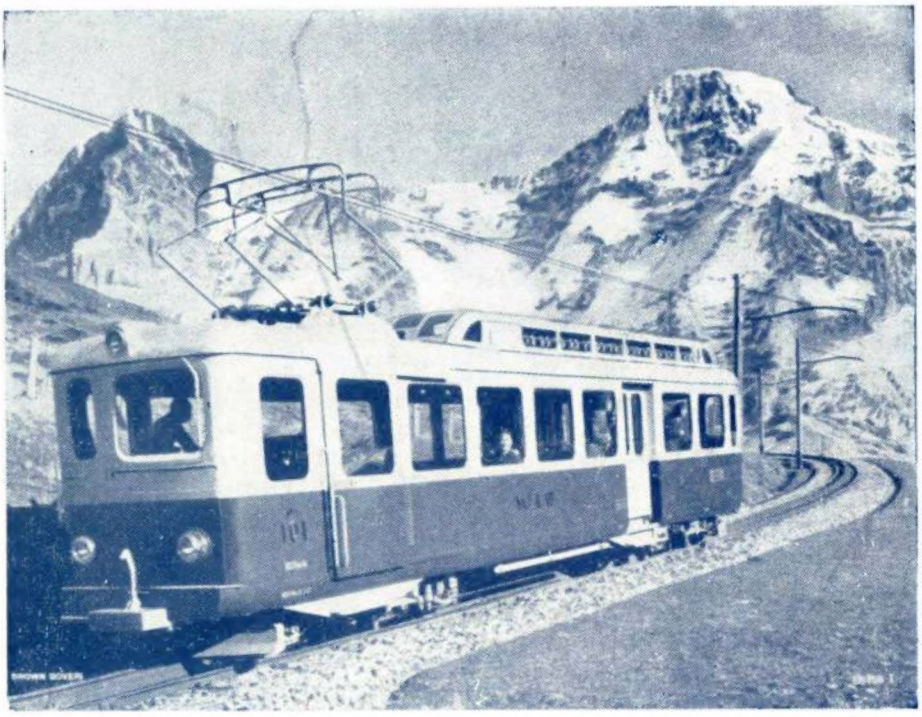
BADEN

SUIÇA

Representada em Portugal e Ultramar por

EDOUARD DALPHIN

Rua Sá da Bandeira, 481-2.º (Palácio do Comércio) — PORTO • Telefone 2 3411



Automotora ligeira da linha de Wengernalp (Suiça)

Há meio século que a casa BROWN BOVERI equipou a primeira locomotiva termo-eléctrica do mundo. Na actualidade mantém em dia a técnica da construção de modernas locomotivas Diesel--eléctricas e da electrificação das redes ferroviárias.

BROWN BOVERI & CIE